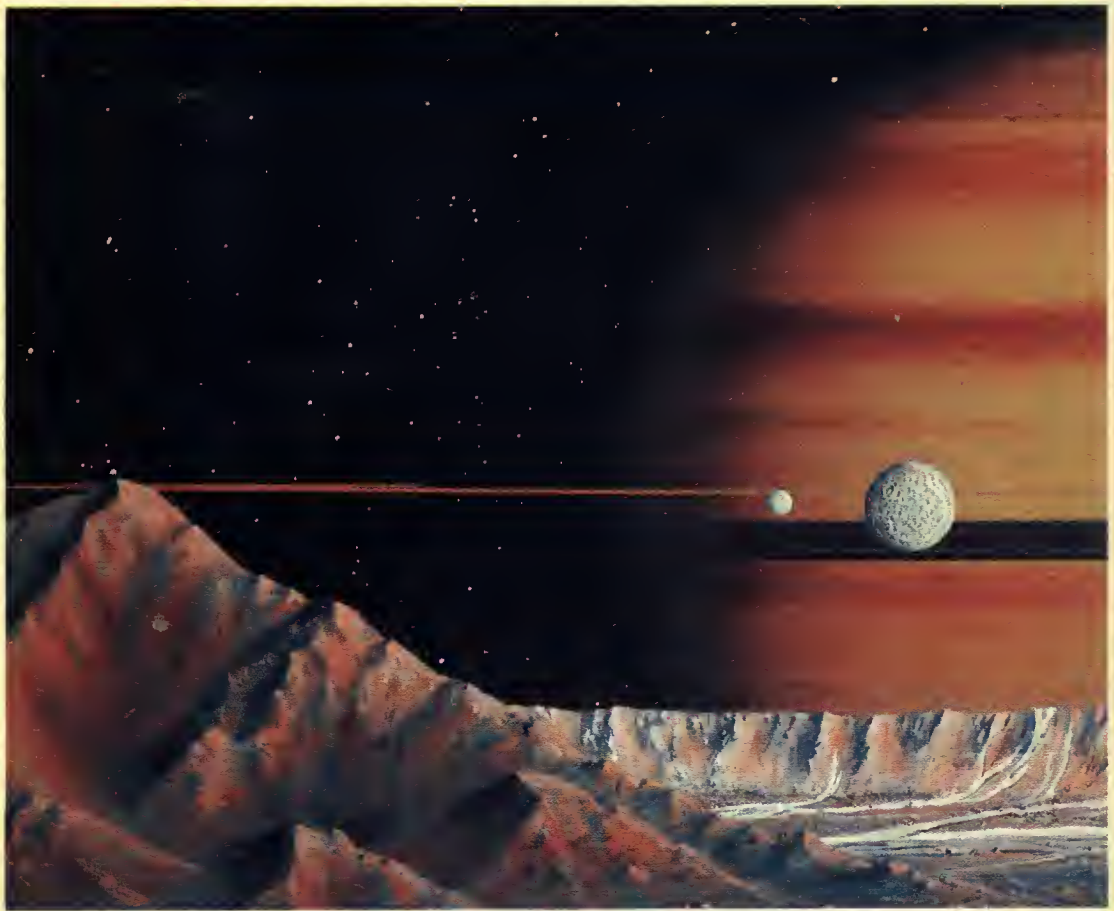


اسحاق عظيموف

تأسيس الفضاء

مقالات حول النظام الشمسي وما وراءه



ترجمة عبدالله حيدر

أكاديميا

نسبية الضلال

حول هذا الكتاب قال جماعة من النقاد: «هنا يتلاقى عظيموف العالم، وعظيموف كاتب الخيال العلمي، في أسلوب جزل غير متكلف يسم الرجل بمنتهى الروعة، وقراءته غاية في المتعة». في هذا الكتاب، يتوجه «بلزك العلوم». كما أسمته جمعية الناشرين الأميركيين، بفكره الساطع وقلمه الغزير، نحو سلسلة عريضة من الموضوعات، فيقدم كتاب «نسبية الضلال» ويضع تعقيدات الظواهر العلمية في متناولنا جميعاً. وهو في تقسيمه هذه المجموعة إلى فئات ثلاث: النظائر والعناصر، والنظام الشمسي، وما وراء النظام الشمسي، يستكشف بشكل حاسم تأثير القمر في السلوك البشري، وتكوّن المجرة (الدرب اللبّنية)، واكتشاف النجوم، والسفر في الفضاء،... وتخاطب المقالة التي يحمل الكتاب اسمها، وتظهر في قسم خاص بعنوان غير اعتيادي، مفهومنا عن الصواب والخطأ، بحصافة العلم ووضوحه المميزين، وتتحرى أثر هذين «المطلقين» في تطور النظرية العلمية.

«نسبية الضلال» كتاب يؤنس، بمنتهى البراعة، ألباز العلم، ويوطد شهرة عظيموف في كونه الشارح الكبير في عصرنا هذا.

■ إسحاق عظيموف ولد في روسيا عام 1920 وهاجر إلى نيويورك مع أهله عام 1923. وفي بروكلن نما حبه للقراءة ونال بكالوريوس العلوم ثم الدكتوراه في الكيمياء سنة 1940. درس الكيمياء الحيوية في جامعة بوسطن حتى عام 1958 حيث تفرغ للكتابة. نشرت له أول قصة صغيرة في الثامنة عشرة، وأول كتاب في الخيال العلمي في الثلاثين. كتب عن كل موضوع وله حالياً أكثر من 365 مؤلفاً مشهوراً. انتخب مؤخراً سيد كتب الخيال العلمي في أميركا.

اسحاق عظيموف

نسيب الضلال

مقالات حول النظام الشمسي وما وراءه

ترجمة عبد الله حيدر

مراجعة د. محمد دبس

أكاديميا

بيروت - لبنان

نسبية الضلال
الطبعة الاولى 1991، جميع الحقوق محفوظة
حقوق الطبعة العربية © أكاديمية أنترناشيونال
حقوق الاصل الإنكليزي © دبلداي، الولايات المتحدة

تمت فهرسة هذا الكتاب أثناء الطباعة
عظيموف، إسحاق

نسبية الضلال / اسحاق عظيموف؛ ترجمة عبدالله حيدر
— بيروت: أكاديمية أنترناشيونال، 1991
237 ص. : جداول؛ 24 سم.

The Relativity of Wrong/Issac Azimov
17مقالة أعيد طبعها من مجلة الغرائب والخيال العلمي
(Magazine of Fantasy and Science Fiction 1986 - 1987)
1. علم الفلك - مجموعات. 2. النظام الشمسي - مجموعات.
3. النظائر المشعة - مجموعات.

أ. العنوان. ب. حيدر، عبدالله، مترجم. ج. أكاديمية
520
A832 m

لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب، أو اختزال مادته بطريقة الاسترجاع،
أو نقله على أي نحو، وبأي طريقة، سواء كانت الكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير
أو بالتسجيل أو خلاف ذلك، إلا بموافقة الناشر على ذلك كتابة ومقدمات.

أكاديمية أنترناشيونال
الفرع العلمي من دار الكتاب العربي
ص. ب 6669 - 113 بيروت، لبنان
برقيا الكتاب. تلكس KITAB 40139 LE

This is an authorized translation of
the Relativity of Wrong
Copyright © by Academia Int. (for Arabic version) and
Doubleday (for English version), 1991, All rights reserved
Academia International
P.O. box 113 - 6669 Beirut, Lebanon
Telegram ALKITAB, Telex KITAB 40139 LE

المحتويات

7	مدخل
11	القسم الأول - النظائر والعناصر
13	1 - الثاني بين الأخف وزناً
26	2 - علامات مميزة على الجزئيات
39	3 - عواقب الفطيرة
51	4 - العدو في الداخل
64	5 - حامل النور
76	6 - بدءاً بالعظم
89	القسم الثاني - النظام الشمسي
91	7 - القمر ونحن
103	8 - كوكب نأف من ذكره
117	9 - الكوكب المنكمش
133	10 - الأجرام الصغرى
147	القسم الثالث - ما وراء النظام الشمسي

149.....	11 - نجوم جديدة.....
161.....	12 - نجوم متألفة.....
173.....	13 - نجوم منفجرة عظمى.....
185.....	14 - الوسط المسدود.....
197.....	15 - نقيض!.....
209.....	16 - أبجر! أبجر!.....
223.....	القسم الرابع - غير اعتيادي.....
225.....	17 - نسيّة الضلال.....

مدخل كتابتي المفضلة

كنت أكتب هذه المقالات، بمعدل واحد كل شهر، وطوال ثلاثين عاماً. ومنذ البداية، كنت شغوفاً بهذا العمل. ولم يتضاءل شغفي مع مر العقود. وما زلت أراني أقوى بصعوبة على انتظار انقضاء الشهر، لأتمكن من كتابة مقال آخر. ذلك لأن لي مطلق الحرية في الاختيار للكتابة في «مجلة الخيال العلمي»^(*) التي دأبت على نشر مقالاتي في جميع أعدادها باستمرار منذ تشرين الثاني/نوفمبر 1958، وفي [دار] «دبلداي» Doubleday التي تنشر مجموعات مقالاتي في مجلدات منذ 1962. ولي أن أكتب في أي موضوع وأن أقدمه بالشكل الذي أختار، رغم كون هذه المقالات علمية. وقد أكتب أحياناً في موضوع غير علمي إذا شئت، فلا يعترض أحد.

إلى هذا، فلا خطر من افتقاري للمواضيع. فالعلم واسع وُسع الكون، وهو يصقل ذاته مع تقدم المعرفة. وإذا كتبت «الآن» مقالاً حول الموصّلية الفائقة superconductivity، فقد يأتي مختلفاً عن مقال كتبته قبل سنتين.

وفي الواقع، فلإني أضمن هذا الكتاب مقالاً عن الكوكب «بلوتو»، كتبته

منذ نحو ستة أشهر؛ كما أضيف ملحقاتاً ضخماً يحتوي على معلومات إضافية علاوة عما كان معروفاً في فترة كتابته.

وثمة متعة شخصية في كل هذه المقالات. فمن أجل كتابة واحد منها، عليّ أن أنظّم ما يتوفر لي من معرفة في موضوعه، وإن أكسوها بالمواد التي أجدها في مراجع مكتبتي. باختصار، فأنا أثقف نفسي، وفي كل مرة، أعرف عن الموضوع الذي أعالج، بعد كتابة المقال، أكثر مما كنت أعرفه قبل أن فعل - والثقافة الذاتية مصدر سرور دائم لي، فكلما عرفت المزيد، كلما كانت حياتي مليئة، وكلما ازداد إعجابي بوجودي.

وحتى عندما يُقَصَّرُ تثقفي الذاتي، وانتهي إلى شيء مغلوط، سواء بسبب الطيش أو بسبب الجهل، أتلقي من قرائي على الدوام، رسائل تشير إلى أخطائي - وهي رسائل مهذبة دائماً، بل ومترددة أحياناً، كما لو كان القارئ لا يُصدّق فعلاً أنني مخطيء. ويعجبني هذا النوع من التعليم أيضاً. قد يحمر وجهي خجلاً، ولكن التعلّم يستحق ذلك.

والأكثر من هذا، هو شعوري بأن الذين يقرأون مقالاتي، يتعرفون أحياناً إلى أمور لم يعرفوها من قبل. وأتلقي سبباً من الرسائل في هذا الصدد. وهو أمر رائع أيضاً. ولو كنت أكتب لمجرد الحصول على المال، لاقتصّر كل جهدي على صفقة تمكّني من دفع إيجارتي وشراء الغذاء والكساء للأسرة. وإذا كنت، إلى ذلك، مفيداً لقرائي، وإذا ساعدتهم على توسيع حيواتهم، فسيكون لديّ ما يجعلني أحياء لما هو أفضل من مجرد تلبية غريزة حفظ الذات.

وبالإضافة، فلنقارن العلم ببعض الاهتمامات الإنسانية الأخرى - المباريات والأحداث الرياضية مثلاً. الرياضة تحرّك الدم، وتثير الفكر، وتخلق الحماس. وفي بعض المجالات، توجه المنافسة بين شطائر مختلفة من البشر، في جو غير مؤذٍ نسبياً. أجل، قد تقوم تظاهرات بعد مباريات كرة القدم مثلاً، وتؤدي إلى إراقة الدماء. إلا أن كل التظاهرات مجتمعة، لا توازي مجزرة معركة صغيرة واحدة. وفي الولايات المتحدة على الأقل، تجري ألعاب البيسبول وكرة القدم وكرة السلة، ولا أكثر من شجار بالأيدي في المدرجات.

ولا أحب أن تغيب الرياضة (وخصوصاً لعبة البيسبول لأنني شديد الولوع بها)، ذلك لأن اختفاءها يجعل الحياة أكثر كآبة، ويحرمننا مقداراً كبيراً مما قد يكون غير أساسي، إلا أنه يبدو حيويّاً.

ومع ذلك، بإمكاننا، عند الاضطرار، أن نعيش بدون رياضة.
والآن، لنقارن هذا بالعلم. فالعلم المستخدم بشكل سليم، يمكنه أن يحل لنا مشاكلنا وأن يعود علينا بالخير، أكثر من أي واسطة إنسانية أخرى. كان مجيء الآلة هو الذي جعل عبودية البشر غير اقتصادية، ثم ألغاه، في حين لم يحقق كل التبشير الأخلاقي لذوي النية الحسنة، سوى القليل. ومجيء الإنسان الآلي هو الذي قد ينزع من عقل الإنسانية كل الأعمال البليدة المتكررة التي تحبط العقلية البشرية. ومجيء الطائرة النفاثة والراديو والتلفاز والمسجلة، هو الذي قدّم حتى لأبسط كائن بشري، وبالصورة والصوت، منجزات الإنسان في العمارة والفنون الجميلة، مما لم يكن متوفراً في الماضي إلا للارستقراطيين والأثرياء. وقس على ذلك.

من جهة أخرى، فالعلم الذي يُساء استخدامه، قد يزيد في مشاكلنا، ويقودنا إلى حافة تدمير الحضارة، بل وإلى انقراض الجنس البشري. ولست احتاج إلى تفصيل مخاطر الانفجار السكاني الذي أوصله إلى درجة خطيرة، تقدّم الطب الحديث، وإلى أخطار الحرب النووية، وإلى المستوى غير المعقول من التلوث الكيميائي، وإلى تدمير الغابات والبحيرات بالمطر الحمضي، إلى ما هنالك.

فما أهمية العلم، إذن، حين يحمل إلينا الحياة والتقدم بإحدى يديه، والدمار والموت باليد الأخرى. ومن هو الذي يختار كيف نستخدم العلم؟ وهل نترك الخيار، ومستقبلنا بالذات، بين يدي بعض النخبة؟ أو نشارك فيه؟ وبالتأكيد، إذا كان للديمقراطية أي معنى، وإذا كان للحلم الأميركي أي أهمية، يجب أن نقرر بأن يبقى مصيرنا - وإلى حد ما على الأقل - بين أيدينا.

إذا كنا نشعر بأن علينا اختيار رئيسنا وممثلينا في الكونغرس، ليشرعوا القوانين على النحو الذي يرضينا، فلماذا لا نُبقي العلم أيضاً تحت سيطرتنا، وكيف يمكننا أن نفعل ذلك بشكل محسوس إذا كنا لا «نفهم» ولو قليلاً حول العلم؟.

ولننظر الآن كيف تتعامل الصحافة وغيرها من وسائل الإعلام، مع الرياضة - كمية وتفاصيل المعطيات المتخصصة التي تغذي بها الجمهور، والتي يتلقفها بنهم لا يشبع. ولنفكر بالنقص المُطبّق في التقارير العلمية القيّمة إلا في كبريات الصحف الأكثر تقدماً. ولنفكر بأعمدة المقالات العديدة في علم

التنجيم، وفي ندرة المعلومات عن علم الفلك. ولنفكر في الحكايا التفصيلية والمتحمسة عن الصحن الطائرة ولّيّ الملاعق، وفي الإشارة العابرة إلى آخر المكتشفات حول طبقات الجو الأوزونية - وكون الأولى بكاملها دجل وشعوذة، في حين أن الأخيرة قضية حياة أو موت.

في هذه الظروف، إن أي عمل يقوم به أي فرد لإعادة التوازن ولو جزئياً، يعتبر مهماً. ويعلم الله أن مع نوعية قرائي الرفيعة، يبقى عددهم المطلق قليلاً نسبياً، وأن جهودي الشخصية للتعليم قد لا تصل إلى أكثر من فرد بين كل 2500!.

إلا أنني مستمر في المحاولة، ومستمر بلا كلل، لبلوغ أعداد أكبر. ولست أجد وسيلة تمكّني، بمفردي، من إنقاذ العالم، أو حتى من تحقيق أي فارق ملموس - ولكن كم أخجل من نفسي إن أنا سمحت بمرور يومٍ من دون بذل المزيد من الجهد. عليّ أن أجعل حياتي جدية - بالنسبة إليّ على الأقل - وكتابة هذه المقالات هي إحدى الوسائل الرئيسة التي بواسطتها أنجز المهمة.

القسم الأول

النظائر والعناصر

1

الثاني بين الأخف وزناً

كان أول من قابلت وتحدثت إليه، من بين الحائزين على جائزة نوبل، الكيميائي الأميركي «هارولد كلايتون يوراي» Harold Clayton Urey (1893 - 1981). ولم تكن تلك، مناسبة سعيدة. كنت قد اخترت مادة الكيمياء أثناء دراستي في جامعة كولومبيا، حيث نلت شهادة البكالوريوس في حزيران/يونيه 1939. وقررت متابعة تخصصي في هذه المادة، معتبراً أن قبول طلبي أمر مسلّم به. إلا أنه رُفِض في تموز/يوليو، بحجة عدم دراستي للكيمياء الفيزيائية، وهي شرط أساسي للتخصص في هذا الحقل. (للأسف، كنت مدفوعاً نحو دراسة الطب من قبل والدي المفرط في حماسه.. ولم تكن الكيمياء الفيزيائية من متطلبات كلية الطب - ولذلك انصرف اهتمامي إلى مواد أخرى).

مع ذلك، لم أكن مستعداً للتراجع.. وعندما حان موعد التسجيل في أيلول، ذهبت إلى [جامعة] كولومبيا، وأصرّيت على مقابلة مع لجنة القبول. كان «يوراي» رئيس هذه اللجنة، ورئيس دائرة الكيمياء أيضاً. إلا أنه، بالإضافة، كان شيئاً آخر: فهو عدو عنيد لـ «عظيموف».. والمصيبة، أنني كنت أخرقاً، مرتفع الصوت، حاد اللسان، لا أوقّر أحداً.. وبالتالي كان يُنظر إليّ في الكلية

بارتياب . (لم يكن أحد يشك في ذكائي . . إلا أن هذا الأمر كما يبدو، لم يكن ذا شأن يذكر).

طلبت من اللجنة السماح لي بدراسة الكيمياء الفيزيائية، حتى إذا ما انتهت دراستي، تقدمت من جديد بطلب حسب الأصول كطالب متخصص. وهذا يعني خسارة عام كامل، إلا أنه كان السبيل الوحيد أمامي. لم يستغرق «يوراي» وقتاً للتفكير. . فما كدت أنهى كلامي حتى قال: «كلا!» مشيراً بيده إلى الباب. .

ولكنني تشبثت، وحصلت على فهرس الدراسة الذي ينص أحد مقاطعه على إمكانية قبول «طالب تخصص غير مصنف» ريثما يكمل دراسة ناقصة، شرط أن يستوفي بعض المتطلبات (كنت استوفيتها جميعاً). عدت في اليوم التالي مكرراً طلبي وأنا ألوح بالفهرس. فهز «يوراي» رأسه بالنفي مشيراً إلى الباب من جديد. . وأصرّيت، وسألته عن سبب رفضه: «على أي أساس؟».

في الواقع، لم يكن لرفضه أي مبرر، اللهم إلا البغضاء. . وهو يأبى الاعتراف بذلك. طلب مني العودة بعد الظهر. ففعلت. وعرض عليّ اقتراحاً: يسمح لي بدراسة الكيمياء الفيزيائية، شرط دراسة طائفة كاملة من المواد، يستند كل منها إلى الكيمياء الفيزيائية كقاعدة أساسية. وبتعبير آخر، ففي كل هذه المواد، يفترض الأساتذة أن جميع الطلاب «يعرفون» الكيمياء الفيزيائية. . إلا أنا! زد على ذلك أنني سأكون خاضعاً للاختبار: فإذا لم أحصل على معدل «ب»، رسبت حكماً، حتى إذا ما ذهبت إلى كلية أخرى، حرمتني كولومبيا من أي وثيقة تشير إلى إتمامي دراسة بعض المواد، فأضطر إلى إعادتها. . وهذا يعني خسارة جزء ضخم من أكلاف الدراسة، ولم يكن لديّ في تلك الأيام مال حتى أخسره. .

لقد وضح لي «الآن» أن «يوراي» كان يقدم لي عرضاً يعرف اني لن أقبله، وبذلك يتخلص مني نهائياً. ولكنه لم يقدر ثقتي بكفاءاتي حق قدرها. . إذ قبلت العرض بلا تردد. وحصلت أخيراً على معدل «ب» متجاوزاً الاختبار، واستأنفت عملي التخصصي بنجاح.

منذ ذلك الحين، كان من الصعب عليّ أن اتصوّر «يوراي» بلطف أو بمحبة. . مع أنه كان من رأيي في السياسة (سنة 1940، يوم كانت الكلية في معظمها تعلق أزرار «ويلكي» Willkie، كان «يوراي» يرفع شعار: «روزفلت،

«خيار العمال»). والحق، أنه كان قمة في العلم، سواء أحببني أو كرهني. فلننتقل إلى موضوع إحرازه جائزة نوبل.

تبدأ الحكاية سنة 1913، يوم قدم الكيميائي البريطاني «فريدريك سودي» Frederick Soddy (1877 - 1957) حججاً قوية على واقع أن ذرات عنصر ما، ليست بالضرورة متماثلة، بل قد تكون على نوعين أو أكثر، أطلق عليها اسم «النظائر».

كان الواضح منذ البداية أن نظائر عنصر معين، لا تختلف عن بعضها في الخصائص الكيميائية، إلا أن أعمال «سودي» بينت بوضوح أنها تختلف في كتلتها.

قبل سنتين من إعلان «سودي» هذا، كان الفيزيائي «أرنست رذرفورد» Ernest Rutherford (1871 - 1937)، المولود في نيوزيلاندة والذي عمل معه «سودي» قد طلع بمفهوم نواة الذرة الذي اعتمده الفيزيائيون بسرعة. وبحسب هذا المفهوم، تحتوي الذرة على نواة صغير كثيفة، يحيط بها عدد من الإلكترونات.

كان عدد وترتيب الإلكترونات هما اللذان يتحكمان بالخصائص الكيميائية، بحيث يكون لنظائر عنصر معين، نفس العدد والترتيب في الكرواناتها، وإلا، فإن خصائصها تصبح مختلفة. وهذا يعني أن الفارق الذي يميز النظائر، يجب أن يكون في النواة.

سنة 1914، قدّم «رذرفورد» الأدلة حول الافتراض أن أبسط النوى^(*)، وهي نواة الهيدروجين، تتألف من جسيم واحد، أسماه «البروتون»، وأن النوى الأكثر تعقيداً، تتألف من مجموعة «بروتونات». وتساوي كتلة «البروتون» الواحد 1836 ضعف كتلة الإلكترون، إلا أن شحنته الكهربائية تساوي بالضبط شحنة الإلكترون، وإن كانت ذات طبيعة معاكسة. فشحنة البروتون هي (+ 1) وشحنة الإلكترون (- 1).

في الذرة العادية التي هي محايدة كهربائياً، يجب أن تحوي النواة العدد المطلوب بالضبط، لمعادلة عدد الإلكترونات خارجها. وهكذا، فذرة اليورانيوم

(*) النوى، جمع نواة - المترجم.

ذات الاثني وتسعين (92) الكترونًا خارج نواتها، لا بد أن تحوي اثني وتسعين (92) بروتونًا في الداخل.

ولكن كتلة نواة اليورانيوم تساوي مئتين وثمانٍ وثلاثين ضعف (238) كتلة البروتون. وللالتفاف على هذا الشذوذ، افترض فيزيائيو تلك المرحلة (الذين لم يعرفوا سوى البروتونات والالكترونات من الجسيمات دون الذرية) ان النواة تحتوي، إلى جانب البروتونات، أزواجاً من «البروتون/الالكترون»، لكل منها كتلة تساوي تقريباً كتلة البروتون (ما دامت كتلة الالكترون تكاد لا تذكر). والأكثر من ذلك، فما دامت الشحنات الكهربائية للبروتونات والالكترونات تلغي بعضها بعضاً، فإن شحنة الزوج «بروتون/الالكترون» هي صفر.

إذن، قد تكون نواة اليورانيوم مؤلفة من اثني وتسعين (92) بروتوناً، زائد مئة وستة وأربعين (146) زوجاً من «البروتون/الالكترون»، ومجموع الكتلة يساوي مئتين وثمانٍ وثلاثين (238) مرة كتلة البروتون، بحيث يكون «الوزن الذري» لليورانيوم: 238. وبما ان نواة اليورانيوم ذات شحنة كهربائية إيجابية تساوي شحنة اثني وتسعين (92) بروتوناً، فإن «العدد الذري» لليورانيوم هو 92.

وتبين في الواقع أن مفهوم زوج البروتون/الالكترون داخل النواة، لم يثبت. فالزوج يتألف من جسيمين منفصلين، كما ان بعض الخواص النووية يتوقف على مجموع عدد الجسيمات داخل النواة. وهذه الخصائص النووية لن تستقيم، ما لم يتم استبدال أزواج البروتون/الالكترون بجسيمات فردية مطابقة لخصائص زوج البروتون/الالكترون، أي أن تكون لها كتلة البروتون تقريباً، وبدون شحنة كهربائية.

مثل هذا الجسيم، الذي اعتمد نظرياً بشكل واسع في العشرينات، كان من الصعب اكتشافه، نظراً لخلوه من الشحنة الكهربائية. ولم يُكتشف آخر الأمر إلا سنة 1932، على يد الفيزيائي البريطاني «جايمس تشادويك» James Chadwick (1891 - 1974) الذي أسماه «نيوترون»، واتخذ في الحال مكان زوج البروتون/الالكترون. وهكذا، يمكن النظر إلى نواة ذرة اليورانيوم، على إنها مكونة من اثني وتسعين بروتوناً ومئة وستة وأربعين نيوترونًا (92/ب و 146/ن).

خلال العشرينات، استخدم الفيزيائيون زوج البروتون/الالكترون، لتفسير طبيعة النظائر. ولكن تحاشياً لتضليل القارئ الكريم، سوف اقتصر على

استعمال كلمة نيوترونات، رغم أن في هذا مفارقة زمنية للأحداث قبل العام 1932.

إن نوى جميع ذرات اليورانيوم، «يجب» أن تحوي اثنين وتسعين (92) بروتوناً. وأي تحول عن هذا العدد، يعني أن الالكترونات خارج النواة سوف يختلف عددها عن 92، وهذا يغير الخصائص الكيميائية للذرة، فلا تبقى مجرد ذرة يورانيوم. ولكن ماذا لو تغير عدد النيوترونات؟ إن هذا لن يؤثر على شحنة النواة أو على عدد الالكترونات خارجها، بحيث يبقى اليورانيوم، يورانيوم. إلا أن «كتلة» النواة، سوف تتغير.

وهكذا، وفي العام 1935، اكتشف الفيزيائي الكندي / الأميركي، «أرثر جفري دمپستر» Arthur Jeffery Dempster (1886 - 1950)، ذرات يورانيوم، تحوي - إضافة إلى اثنين وتسعين (92) بروتوناً في النواة - مئة وثلاثة وأربعين (143) نيوتروناً (وليس 146). . وبقي العدد الذري 92، إلا أن العدد الكتلي هو: $235 = 143 + 92$. فلدينا إذن، يورانيوم 238، ويورانيوم 235، وهما نظيران لليورانيوم الموجود في الطبيعة. ولا يتواجدان بكميات متساوية بالتأكيد، ولكن لا شيء في نظرية النظائر يوحي بأن يكونا كذلك. وفي الواقع، نجد مقابل كل ذرة يورانيوم - 235 في الطبيعة، مئة وأربعين (140) ذرة يورانيوم - 238.

توصل «سودي» إلى مفهوم النظائر، من دراسة مفصلة للذرات المشعة وطريقة تحليلها. إلا أن تلك، كانت نقطة ضعف في نظريته. فالإشعاع اكتشف سنة 1896، وبدا أنه لا يشمل سوى الذرات الثقيلة أول الأمر، وهي الذرات التي تتحلل تلقائياً إلى ذرات أخف وزناً نسبياً. وبدت الذرات المشعة مختلفة جداً عن الذرات العادية، حتى ليتمكن القول إن النظائر ربما اقتصر وجودها «بالحصر» على تلك العناصر المشعة.

كان اليورانيوم (العدد الذري 92) والثوريوم (العدد الذري 90) العنصرين المشعين المتواجدين في الطبيعة بكميات لا يستهان بها، ثم انتهى بهما التحلل إلى تكوين العنصر الثابت، الرصاص (العدد الذري 82). إلا أن اليورانيوم تحلل إلى أنواع من الرصاص تتألف نواتها من اثنين وثمانين بروتوناً (82) ومئة وأربعة وعشرين (124) نيوتروناً (الرصاص - 206)، في حين أن الثوريوم تحلل إلى نواة رصاص ذات اثنين وثمانين (82) بروتوناً ومئة وستة وعشرين (126) نيوتروناً

(الرصاص - 208).

وإذا كان الأمر كذلك، وجب أن يتألف الرصاص من هذين النظيرين على الأقل، وأن يتواجد في الطبيعة كخليط منهما، بنسب مختلفة. فالرصاص المستخرج من خامات الثوريوم، يجب أن يكون غنياً بالرصاص - 208، وذا وزن ذري أكبر من الرصاص الناتج عن خامات اليورانيوم. وفي العام 1914، حدد «سودي» بعناية، الوزن الذري للرصاص من مصادر مختلفة، وبيّن أن هناك فرقاً سهّل اكتشافه في الوزن الذري.

إن كون عنصر الرصاص الثابت مؤلفاً من نظائر، لم يشكل في حد ذاته توسيعاً مرموقاً للمفهوم، لأن نظائر الرصاص ناتجة عن تحليل عناصر مشعة. وكان المطلوب هو الإثبات بأن النظائر تكونت في عناصر لا علاقة لها البتة بالإشعاع.

إن العناصر الثابتة (غير الرصاص)، لا تظهر تبايناً كبيراً في الوزن الذري عندما تكون ناتجة عن مصادر مختلفة أو جرى تنقيتها بطرق متغايرة. ومردّ هذا، إما لكون جميع ذراتها متشابهة، أو لإنها مؤلفة دوماً من نفس الخليط النظائري. وماذا لو تمكّنّا من فصل النظائر (إذا افترضنا ضرورة ذلك)؟ هنالك طريقة عادية لفصل مادتين، وهي الإفادة من الفارق في الخصائص الكيميائية. إلا أن نظائر عنصر ما هي متطابقة أصلاً في خصائصها الكيميائية.

ويختلف نظيرا العنصر الواحد في كتلتها. ولنفرض أننا جعلنا خليطاً من نوى مثل هذين النظيرين، يتسارع عبر حقل مغنطيسي (في زمن «سودي» كان الفيزيائيون يعرفون تهية مثل هذا الوضع). فالنوى المشحونة كهربائياً سوف تتفاعل مع الحقل [المغنطيسي]، وتتبع خطاً منحنيّاً. وبما أن النوى الأكبر كتلة، تتمتع بقوة عطالة كبيرة، فإن سيرها يكون أقل انحناء بفارق بسيط. فاذا وقعت النوى في مسارها على لوحة فوتوغرافية، فإن الصورة المظهرة (المحمضة) سوف تبين خطاً مزدوجاً، لأن كل نظير يتبع مساره الخاص المختلف قليلاً.

سنة 1912، لاحظ الفيزيائي البريطاني «جوزف جون تومسون» (Joseph John Thomson) (1856 - 1940) مثل هذا الخط المزدوج قليلاً في نوى عنصر النيون المنطلقة. لم يكن متأكداً من معنى هذا، ولكن عندما أعلن مفهوم النظائر في العام التالي، بدا أن ما اكتشفه قد يكون نظيرين للنيون.

وقام أحد مساعدي «تومسون»، «فرنسيس وليام استون» William Aston

Francis (1877 - 1945) بدراسة الأمر جدياً، فصنع جهازاً يجعل الحقل المغنطيسي فيه، كل النوى تسقط في نقطة واحدة على الفلم الفوتوغرافي. وسمي هذا الجهاز «مطياف الكتلة» mass spectrograph. ومن مواقع الآثار الناتجة، أمكن حساب كتل النظائر، ومن قوة هذه الآثار، حساب الكميات النسبية.

وسنة 1919، تمكن «استون» من فصل نوى النيون بشكل يُبين إن العنصر كان مؤلفاً من نظيرين: نيون - 20، ونيون - 22. وأكثر من هذا، إن حوالي تسعة أعشار ذرات النيون (9/10) كانت من النيون - 20 والعُشر الباقي فقط، كان من النيون - 22. وهذا يفسر لماذا كان الوزن الذري للنيون 20.2.

(في السنوات التي تلت، ومع تحسين مطياف الكتلة، تم اكتشاف نظير ثالث للنيون، هو النيون - 21. ونعرف الآن أن من بين كل ألف ذرة نيون، هنالك 909 ذرات نيون - 20، و88 ذرة نيون - 22، وثلاث ذرات نيون - 21. وجد «استون» عبر أعماله على مطياف الكتلة، ان عدداً من العناصر الثابتة يتألف من نظيرين أو أكثر. وهذا ما أرسى نهائياً مفهوم «سودي» حول النظائر. ولم يحصل منذ ذلك الحين ما يجعله مجالاً للشك.

كلما كان الوزن الذري لعنصر ما، بعيداً عن عدد صحيح^(*)، يمكننا التأكد أنه مؤلف من نظيرين أو أكثر، ويساوي وزنه الذري معدل كتلتها حسب كمياتها النسبية.

هنالك عدد من العناصر تساوي أوزانها الذرية أعداداً صحيحة بالضبط، وبالتالي قد تكون كل ذرات هذا العنصر في الواقع ذات كتلة واحدة. على سبيل المثال، يتألف الفلور من الفلور - 19 فقط، والصوديوم من الصوديوم - 23، والألمينيوم من الألمينيوم - 27، والفوسفور من الفوسفور - 31، والكوبالت من الكوبالت - 59، والأرسنيك (الزرنيخ) من الأرسنيك - 75، واليود من اليود - 127، والذهب من الذهب - 198، وهكذا. . .

في حال هذه العناصر ذات النوع النووي الواحد (هنالك تسعة عشر)، يصعب التحدث عن «نظائر»، لان التعبير يعنى وجود نوعين أو أكثر من العنصر. ولهذا السبب، اقترح الكيميائي الأميركي «ترومان پول كوهمان» Paul Kohman

(*) أي لا كسور فيه - المترجم.

Truman (1916 -) سنة 1947، أن يسمى كل نوع ذري «نُويدة» nuclide. ويُستعمل هذا التعبير تكراراً، غير أنني أشك في أن يحل محل كلمة «نظائر» التي تعمق استعمالها في اللغة بحيث لا يمكن اقتلاعها. ثم إن الفيزيائيين تعلموا كيف يخلقون نظائر في المختبر، لا تتواجد في الطبيعة. وهذه النظائر الاصطناعية كلها مشعة ولذلك سُميت «نظائر مشعة». ويمكن بالتأكيد تكوين عدد من النظائر المشعة، لأي عنصر يحوي نويدة واحدة ثابتة. وإذا أخذنا بالحسبان النظائر المشعة المحتملة، فلن يكون هنالك عنصر يتألف من نويدة واحدة. لذلك، فإن كلمة «نظير» يمكن استعمالها على وجه الدقة وفي كل حين. ونشير إلى أن للفلور مثلاً، نظيراً واحداً «ثابتاً»، يحتم وجود نظائر مشعة كذلك.

هنالك بالتأكيد عناصر ذات أوزان ذرية قريبة جداً من الأرقام الصحيحة ومع ذلك، فهي ناتجة عن عدد ثابت من النظائر. والذي يحدث في مثل هذه الحال، هو أن العنصر مؤلف في معظمه من أحد هذه النظائر، وقليل نادر من النظائر الأخرى، بحيث لا تسهم إلا إسهاماً تافهاً في الوزن الذري.

وثمة مثال صارخ، اكتشف سنة 1929. فقد استخدم الكيميائي الأميركي «وليام فرنسيس جيوك» William Francis Giauque (1895 - 1982) مطياف الكتلة ليبيّن أن الأكسجين مؤلف من ثلاثة نظائر: الأكسجين - 16 والأكسجين - 17 والأكسجين - 18، جميعها ثابتة. وأكثر هذه النظائر تواجداً بنسبة بعيدة، الأكسجين - 16، إذ من بين كل (10000) ذرة أكسجين، نجد (9,976) ذرة أكسجين - 16، و(20) ذرة أكسجين - 18 و(4) ذرات أكسجين - 17.

اهتز الكيميائيون لهذا الواقع إذ، منذ مئة سنة، كانوا يفترضون جزافاً أن الوزن الذري للأكسجين يساوي (16.0000) ويقيسون سائر الأوزان الذرية الأخرى استناداً إلى هذا المقياس. وبعد العام 1929، عُرف هذا «بالوزن الذري الكيميائي»، في حين أن الفيزيائيين كانوا يعتمدون كتلة الأكسجين - 16 = 16.0000، كمقياس «للوزن الذري الفيزيائي». وفي سنة 1961، توصل الكيميائيون والفيزيائيون إلى تسوية، باعتماد الكربون - 12 = 12.0000 كمقياس. وكان هذا قريباً جداً من جدول الوزن الذري الكيميائي.

قد يكون مقياس الأكسجين = 16.0000 بقي صالحاً لو أمكن التأكد من أن

خليط النظائر لكل عنصر يبقى ثابتاً لا يتغير في كل الأوقات وتحت كل الشروط. وإذا كانت لمختلف النظائر في أي عنصر، نفس الخصائص الكيميائية «تماماً» بالضبط، فإن الخليط يبقى دائماً هو نفسه. إلا أنها ليست كذلك. ومع أن الخصائص الكيميائية هي نفسها في الأساس، إلا أن هنالك بعض الفوارق الطفيفة. فالنظائر الأكبر كتلة هي دائماً أبطأ من النظائر الخفيفة، بالمشاركة في أي تغير فيزيائي أو كيميائي. هناك إذن احتمال وجود خللًا تختلِف قليلاً من حين لآخر.

سنة 1913، أعدّ الكيميائي الأمريكي «آرثر بيكيت لامب» Arthur Becket (1880 - 1950) نماذج مختلفة من الماء، ذات مصادر متنوعة، وقام بتنقيتها جميعاً إلى الحد الأقصى، وتأكّد أن كلاً من هذه النماذج لا يحوي سوى جزيئات الماء، مع كميات قليلة جداً - شبه معدومة - من المواد الغريبة. ثم حدّد «لامب» الثقل النوعي لكل نموذج، بأكثر ما تسمح به شروط تلك الفترة، من الدقة المتناهية.

فلو كانت جميع نماذج الماء متشابهة تماماً، لجاءت الأوزان النوعية كلها متماثلة، في حدود القياس. ولكنها اختلفت بنسبة أربعة أضعاف تلك الحدود. كان الفارق دون الواحد من المليون في المتوسط، ولكنه كان حقيقياً. ومعنى ذلك أن جميع نماذج الماء «لم تكن» متماثلة تماماً. وعندما أُدخِل مفهوم النظائر في العام اللاحق، أمكن تبين حتمية كون الأكسجين أو الهيدروجين - أو كليهما - مؤلفاً من خليط نظائر.

يتألف جزيء الماء من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين (H_2O) فلو كانت كل جزيئات الماء تحتوي على ذرة الأكسجين - 18، فإن الثقل النوعي لمثل هذا الماء سيكون 12% تقريباً أكبر منه في الماء العادي ذي الأكسجين - 16. إن احتمال وجود ماء لا يحوي سوى الأكسجين - 18. معدوم بالتأكيد، إلا أن اختلافات يسيرة ناتجة عن المصادر أو طرق التنقية، تبرّر بسهولة نتائج «لامب».

إن سلوك النظائر ذات الكتلة الكثيفة، والأبطأ من سلوك النظائر القليلة الكثافة، يفتح الطريق أمام فصل الإثنيين. فمُنذ 1913، جعل «استون» غاز النيون ينفذ من خلال حاجز مسامي. كان شعوره أن النظرير الأقل كثافة (إذا وجد) سوف يكون الأسرع في النفاذ، وبالتالي فالنموذج النافذ أولاً، سيكون أغنى من المعتاد

بالنظير القليل الكثافة، في حين يكون القسم الباقي خلف الحاجز أغنى من المعتاد، بالنظير الأكثر كثافة. كرر هذه الطريقة مرات ومرات إلى أن حصل أخيراً على نموذج من النيون مجرد من النظير الكثيف إلى درجة أن وزنه الذري كان 20.15 بدلاً من 20.2. كما حصل على نموذج من النيون ذي وزن ذري 20.28، لانه أغنى بالنظير العالي الكثافة.

(تعتمد هذه الطريقة وغيرها لزيادة النسبة المئوية من نظير معين في أحد العناصر، أي إثرائه. والمثال الأبرز، كان طرق الأثراء المتبعة للحصول على يورانيوم يحوي المزيد من اليورانيوم - 235، أثناء إعداد قنبلة الانشطار النووي).

هنا تبرز قضية الهيدروجين ونظائره المحتملة. فوزنه الذري أقل قليلاً من 1.008، وهذا قريب جداً من العدد الصحيح، أي أن الهيدروجين قد يكون مؤلفاً من نظير واحد، هو الهيدروجين - 1 (مع نواة من بروتون واحد دون أي شيء آخر). فإذا كان يحوي نظيراً أكثر كثافة، فسيكون هذا، في أدنى الاحتمالات، الهيدروجين - 2 (مع نواة من بروتون واحد ونيوترون واحد) ولا يتواجد إلا بكميات تافهة.

قد يتواجد الهيدروجين - 2 بكميات ضئيلة جداً بحيث لا يتسنى اكتشافه بسهولة إلا إذا جرى إثراء enrichment نموذج من الهيدروجين بالنظير الأكثر كثافة. ومنذ العام 1919، حاول الفيزيائي الألماني «أوتو شترن» Otto Stern (1888 - 1969) تطبيق طريقة «استون» في الانتشار، على الهيدروجين، ولكنه حصل على نتائج سلبية. فخلص إلى الاستنتاج بأن الهيدروجين يتألف من الهيدروجين - 1 دون سواه. كان ذلك بسبب أخطاء في تقنية تجربته، الأمر الذي لم يكن واضحاً في حينه. وبالتالي، فإن تقريره ثبّط الهمة عن متابعة الأبحاث في هذا الاتجاه.

كما أن مطياف الكتلة لم يُجد شيئاً. فبالأكيد، كان ثمة علامات قد تكون ناتجة عن وجود الهيدروجين - 2، أو عن جزيء هيدروجين مؤلف من ذرتي هيدروجين - 1 (H_2). ولكن بعد اكتشاف نظائر الأكسجين سنة 1929، أصبح بالإمكان تحديد الوزن الذري للهيدروجين بمزيد من الدقة. وبدأ أن وزن الهيدروجين الذري أكبر قليلاً من كونه مقتصر على الهيدروجين - 1. وفي العام 1931، اقترح فيزيائيان اميركيان، هما: «ريموند ثاير برج» Raymond Thayer

Birge و«دونالد هوارد منزل» Donald Howard Menzel (1901 - 1976) انه إذا وجدت ذرة واحدة من الهيدروجين - 2، مقابل أربعة آلاف وخمسمئة (4,500) ذرة هيدروجين - 1، فذلك يكفي لتبرير الزيادة الطفيفة في الوزن الذري .
ويبدو في الظاهر، أن هذا أوحى إلى «شبه خصمي» المستقبلي «يوراي» بدخول الحقل. فحاول أول الأمر. تحرّي واكتشاف آثار للهيدروجين - 2 في الهيدروجين.

لقد تصوّر «يوراي»، لاعتبارات نظرية، أن الهيدروجين - 2 والهيدروجين - 1، سوف يكون لهما اشعاعات متباعدة في أطوال موجاتها، عند تعريضهما للحرارة.

ومثل هذه الفوارق الطيفية، صحيح في جميع النظائر، إلا أن هذه الفوارق طفيفة جداً بحيث يصعب تمييزها. ومع ذلك، فالفوارق بين النظائر، لا تزيد مع الاختلاف في الكتلة، بل مع النسبة أو المعدل. فاليورانيوم - 238، أكثر كثافة بثلاث وحدات، من اليورانيوم - 235، إلا أنه أكثر كثافة من الآخر، بنسبة 1.28% فقط.

وتتدنى نسبة الفارق بالوحدة سريعاً، مع تدني مجموع الكتلة. فالأكسجين - 18 أكثر كثافة بنسبة 12.5% من الأكسجين - 16، مع أن الفارق هو وحدتان فقط. أما الهيدروجين - 2، فهو أكثر كثافة بنسبة 100% من الهيدروجين - 1، رغم كون الفارق وحدة واحدة.

فالفارق الطيفي بين نظيري الهيدروجين، يجب أن يكون أكبر منه بين أي نظيرين لأي عنصر آخر. وشعر «يوراي» أن سهولة اكتشاف الفارق الطيفي بين نظيري الهيدروجين، هي أكبر من ذلك التمييز الكتلي الذي يمكن للمطياف أن يكشفه.

حَسَبَ طول الموجة في الخطوط الطيفية المتوقعة من الهيدروجين - 2، ثم درس إشعاع ضوء الهيدروجين المعرض للحرارة، على حاجز طيفي كبير جداً. فوجد خطوطاً باهتة في المكان الذي توقعه تماماً.

كان من الممكن أن يسارع «يوراي» إلى إعداد تقريره، لنيل السبق العلمي في اكتشاف الهيدروجين - 2. ولكنه كان عالِماً منهجياً جديراً بالاحترام. فتصور أن الخطوط الباهتة جداً التي اكتشفها، قد تكون ناتجة عن تلوث الهيدروجين بمواد غريبة، أو عن أخطاء مختلفة في جهاز تجربته.

كانت الخطوط باهتة، لأن كمية الهيدروجين - 2 في الهيدروجين، ضئيلة جداً. ولذلك، ترتب عليه اعتماد مقاييس تزيد من نسبة الهيدروجين - 2، والتأكد من أن خطوط هذا النظير المفترضة في الطيف سوف تكون أكثر وضوحاً.

لم يحاول طريقة الانتشار diffusion - المسؤولة عن فشل «شترن» - إذ بدا له، عوضاً عنها، انه إذا سَيَّل الهيدروجين وتركه يتبخّر ببطء، فإن ذرات الهيدروجين - 1، الأقل كثافة، سوف تتبخّر بسهولة أكثر من ذرات الهيدروجين - 2. إذن، فإذا بدأ بكمية لتر من الهيدروجين السائل، وترك 99% منه يتبخّر، فإن المليتر الأخير الباقي سوف يكون أغنى كثيراً بالهيدروجين - 2، مما كان عليه الهيدروجين الأساسي.

ففعّل. ونجحت التجربة. وعندما بَخَّر الجزء الأخير من الهيدروجين، قام بتسخينه ثم بدراسة الطيف، فوجد أن خطوط طيف الهيدروجين - 2 المفترضة، قد ازدادت وضوحاً بنسبة ستة أضعاف. واعتماداً على حساباته الأولية في ذلك، قرر «يوراي» أن هنالك ذرة واحدة من الهيدروجين - 2، مقابل كل 4,500 ذرة من الهيدروجين - 1، تماماً كما سبق أن تنبأ «برج» و«منزل». إلا أن أعمالاً لاحقة، أظهرت إن هذا الرقم مبالغ فيه، والواقع أن هناك ذرة واحدة من الهيدروجين - 2، لكل 6,500 ذرة من الهيدروجين - 1.

قدّم «يوراي» نتائجه في محاضرة استغرقت عشر دقائق، أثناء جلسة للجمعية الأميركية الفيزيائية، آخر كانون الأول 1931. ثم نُشرت تقاريره الخطية الرسمية سنة 1932.

كان اكتشاف الهيدروجين - 2 مهماً جداً. وبسبب النسبة المثوية الكبيرة للفارق بين كتلتي الهيدروجين - 1 والهيدروجين - 2، تبين أنه من الأسهل كثيراً فصل هذين النظيرين، بالمقارنة مع أي نظيرين آخرين. وسرعان ما تم الحصول على نماذج من الهيدروجين - 2 («الهيدروجين الثقيل»)، وكذلك على نماذج من الماء الذي يحوي الهيدروجين - 2، بدلاً من الهيدروجين - 1 («الماء الثقيل»).

والعمل على الهيدروجين الثقيل والماء الثقيل، جعل النظر يستحق اسماً خاصاً. فاقترح «يوراي» اسم «دوتيريوم» deuterium (من الكلمة اليونانية التي تعني «الثاني») ما دام الأمر انه إذا أدرجت جميع النظائر بحسب تزايد الكتلة،

فإن الهيدروجين - 1، أخفها إطلاقاً، سيكون الأول، والهيدروجين - 2، ثاني الأخف وزناً، سيكون الثاني .

كان من الواضح تماماً بحلول العام 1934، أن الحماس الذي أخذ الكيميائيون والفيزيائيون يعملون به على الهيدروجين - 2، سوف يقود إلى تقدم مرموق في حقول العلم . (وهذا ما حصل فعلاً، كما سوف أشرح في الفصل المقبل) ولم تكن مفاجأة أبداً، ان ينال «يوري» سنة 1934، جائزة نوبل في الكيمياء .

والأكثر من ذلك، إن «يوري» لم يَنَم على أمجاده، بل تابع نشاطه ليقوم بأبحاث حول منشأ الحياة، وحول الكيمياء الكواكبية وغيرها . قد لا يكون أحبّني . . وقد لا أكون أحبّيته . . ولكنه كان عالماً كبيراً .

علامات مميزة على الجزئيات

منذ أسبوعين، تلقيت مخابرة هاتفية من امرأة شابة، تستعلم عن طريقة الحصول على نسخة من كتاب «حي في الذاكرة»^(*) (أول مجلد من سيرتي الذاتية).

ذكرت لها اسم المكتبة، فقالت إنها في الواقع استعارت نسخة من المكتبة، إلا أن أمينها منزعج من طلباتها المتكررة للتجديد، حتى أن فكرة سرقة النسخة أخذت تراودها. . لولا أنها مخالفة لدستورها الأخلاقي - وإذن، فماذا تراني اقترح.

لم يكن من المجدي أن أنصحها بالإلحاف على مخازن الكتب المستعملة، إذ لا أحد - سوى المغفلين يرضى بالتخلي عن أحد كتبي بعد أن يُصبح في حوزته، وقليل من المغفلين يدركون فائدة شراء كتاب لي في الدرجة الأولى. وهكذا، فقد سألتها:

- «لماذا تريدان الاحتفاظ بالكتاب، ما دميت قد أطلعت على نسخة المكتبة؟» فشرحت لي السبب على نحو ما، كما يلي:

- «إني عالمة نفسية (سيكولوجية). وكثيراً ما أُجري مقابلات مع فتيان مراهقين، يواجهون صعوبات في حياتهم. وأريد أن أكتب سيرة حياتك المبكرة لطلاب المرحلة الإعدادية، فأوصي بالكتاب للفتيان الذي يأتون إليّ».

فقلت: «يا الله! لقد أشرت لي الآن، أن هؤلاء المراهقين، يعانون من صعوبات. فلماذا تريدون زيادة معاناتهم، بحملهم على القراءة عني؟» أجابت: «إن هذا لن يزيد من معاناتهم، بل يخفف عنهم. أترى، إن هؤلاء الفتيان يأتون إليّ مع العُدَّة(*)». فهم ليسوا من الرياضيين الأقوياء، ولا هم جريثون ذوو شخصية قوية، بل خجلون ضعفاء حيال الآخرين، يعضّون أظافرهم، ويخافون الفتيات. لا يرقصون ولا يركبون الدراجات، وتراهم متوترين معقدين بين رفاقهم. وكل ما يرتاحون إليه، هو الكتب والوظائف المدرسية في البيت».

قلت: «آه، وهل هم ناجحون في المدرسة على الأقل؟».

- «أجل. بالفعل. ولكن هذا ينقلب ضدهم، لأنهم مكروهون بسببه».

- «إنهم يفتقرون إلى الحماسة الأميركية أليس كذلك؟».

- «إذا أردت التعبير بهذا الشكل، أجل».

- «حسن. وماذا تفعلين لهم؟».

- «أحدثهم عنك».

- «عني؟».

- «أجل. أشرح لهم أنك كنت مثلهم تماماً عندما كنت حدثاً(**)». أما

الآن، فانظر إلى نفسك - فانت ثريّ، وشهير، وناجح. وإذا تمكنت من كتابة سيرتك، موجهة إلى المراهقين الذكور من القراء، لمساعدتهم ذلك كثيراً، وبعث فيهم الأمل، ومنحهم هدفاً يسعون إليه. أترى يا عظيموف «إنك مثال لغربي الأطوار!».

ولبت أحرصاً لفترة بعد ذلك. . وبعد، فماذا أفعل؟ وثمة كل أولئك

الصبية المراهقين، المعاقين جدياً بسبب افتقارهم للحماسة، وجوعهم المنحرف للتعليم. فهل أتركهم في الحَرَج؟.

(*) حَبّ الشباب - المترجم.

(**) هذا ليس في الواقع، أيها القارئ الكريم. لقد «كنت» جريشاً متحدياً، ولم أكن خجولاً معقداً بين الآخرين. وأهم من كل ذلك، لم أكن أخشى الفتيات «على الإطلاق».

قلت لها:

«تفضلني إلى منزلي، أعطيك نسخة من الكتاب».

فعلت. وفعلت. ووقعت لها النسخة أيضاً.

ولكن بعد أن يقرأ هؤلاء الشبان سيرتي الذاتية، فسوف يقتفون كتاباتي على الأرجح، ليشبعوا رغبتهم الجامعة للمعرفة، من نبع غرابة الطور المفرطة. وفي هذه الحال، من الأفضل أن أمخض المزيد من هذه الكتابات، وهوذا مبحث آخر.

سأتابع من حيث توقفت في الفصل الأول، عن الكتابة في موضع الهيدروجين - 2 (المعروف كذلك «بالدوتيريوم» أو «الهيدروجين الثقيل») وأفعل ذلك استطراداً كما في أكثر الحالات.

نعرف أن الأشياء تتغير بمرورها عبر أجسادنا. ويشار إلى هذه التغيرات بكونها «الاستقلاب»^(*) metabolism (عن الكلمات اليونانية التي تعني بشكل أو بآخر «التغير أثناء المرور»). فالهواء الذي ننتشق، فقير في ثاني أكسيد الكربون، وغني بالأكسجين؛ أما الهواء الذي ننفث، فهو أغنى بكثير في الأول، وأفقر في الثاني. وتتناول الغذاء والشراب، ثم نقذف البراز والبول، في حين يتحول بعض الغذاء بعد امتصاصه إلى عظام وعضلات وأنسجة أخرى أثناء نمونا، وغالباً إلى شحوم بعد توقفنا عن النمو.

ولكن كل ما نراه بالعين المجردة، هو المواد عند البداية وبعد النهاية، ولكن هذا في الحقيقة لا يعلمنا الكثير، ما لم نستطع رؤية ما يحصل بينهما. فالاقتصار على رؤية البداية مع النهاية يشير ملاحظات كالتالية من قبل الكاتب الدانمركي «إسحاق دينسن» Isak Dinesen (الذي هو امرأة رغم الإسم الأول الموقر الذي تبنته اسماً مستعاراً).

«ليس الإنسان، إذا ما فكرت به، سوى آلة بارعة مركبة بمنتهى الدقة، تحوّل بمهارة لا حدود لها، نبذ شيراز الأحمر، إلى بول...».

(وهو مقطع من الكتاب «سبع حكايات قوطية» Seven Gothic Tales،

(*) مجموع العمليات والتغيرات الكيميائية المتصلة ببناء البروتين لازماً ودورها في الخلايا الحية، ويتأمن الطاقة للنشاطات الحيوية وتمثيل المواد الجديدة لاستبدال أنسجة الخلايا المندثرة - المترجم.

الذي نشر سنة 1934. وإذا كنت فضولياً، فإن شيراز مدينة إيرانية يفترض أن تكون شهيرة بنبيذها في عصر كبار الشعراء الفرس في القرون الوسطى)
 بالطبع، مع تطور الكيمياء العضوية في القرن التاسع عشر، أصبح من الممكن تحليل الغذاء والنفايات؛ والإدراك بأن ثمة «أحماضاً أمينية» تحتوي على النتروجين، مع جزيئات ذات بنية معينة، في الغذاء، وبأن ثمة «بولة» urea تحتوي على النتروجين، في البول، كما أن هنالك مادتي «الاندول» indole و«السكاتول» Skatole في الغائط. وكل هذا يدلنا على أمر حول «استقلاب النتروجين»، ولكنه أيضاً في معظمه، حول البداية والنهاية. وما زلنا نجهل المسافة الواسعة بينهما.

سنة 1905، تم مع ذلك إحراز تقدم علمي بفضل أعمال عالم الكيمياء الحيوية البريطاني «آرثر هاردن» Arthur Harden (1865 - 1940). كان مع تلميذه «وليام جون يانغ» William John Young، يدرس طريقة عمل انزيمات الخمائر في تفكيك غلوكوز السكر البسيط.

يتحول الغلوكوز إلى ثاني أكسيد الكربون وإلى ماء، إلا أن الأنزيم التي تقوم بهذا، لا تعمل إلا مع وجود كمية صغيرة من الفوسفات غير العضوي (مجموعة ذرات تحوي ذرة فوسفور وثلاث ذرات أكسجين). واستنتج «هاردن» أن ذرة الفوسفور داخلية بشكل ما في عملية التفكيك. وبتحليله الخليط الذي نفكك فيه الغلوكوز، حصل على مقدار ضئيل مما عرفه بكونه جزيئاً من السكر مع مجموعتي فوسفات مرتبطة به.

يُسَمَّى هذا الجزيء molecule أحياناً «إستر»^(*) هاردن - يانغ، على إسم مكتشفه، إلا أنه يُعرف بشكل أصحّ باسم «ثاني فوسفات الفروكتوز»^(**). والواضح، أن ثاني فوسفات الفروكتوز، هو مُركَّب وسيط في عملية تفكيك الغلوكوز. إنه أول وسيط استقلابي أمكن عزله. وبذلك يكون «هاردن» قد أسس دراسة «الاستقلاب الوسيط». ونتيجة لهذا ولأعمال أخرى، مُنِحَ «هاردن» جزءاً من جائزة نوبل في الكيمياء للعام 1929.

وتبع خطوات «هاردن» علماء آخرون في الكيمياء الحيوية، فعزلوا المزيد

(*) الإستر هو ملح عضوي - المترجم.

(**) سكر الفاكهة والعسل - المترجم.

من الوسائط الاستقلالية، وفي مسار الجيل اللاحق، سَعَوْا لتحقيق ومعرفة سير الاستقلاب في مكونات مختلف الأنسجة المهمة.

كان هذا العمل ذا قيمة كبيرة، إلا أنه لم يكن كافياً. فالمواد الوسيطة كانت تمثل معالم ساكنة للمسافات، إذا صح التعبير، على طريق الاستقلاب. وهي دائماً ماثلة بمقادير ضئيلة، ما دامت تتحوّل إلى المرحلة التالية فور تكوّنها تقريباً، كما أن هناك احتمالاً دائماً لوجود وسائط في تجمعات ضئيلة جداً يصعب اكتشافها. وإلى ذلك، بدا أنه لا يمكن تحديد تفاصيل التحوّل بين الوسيط والوسيط التالي.

كان هذا أشبه بمشاهدة أسراب كبيرة من الطيور، على مسافة بعيدة جداً، بحيث لا يمكن رؤية كل طير بمفرده. فبالإمكان معرفة تحركات الأسراب وتبدل مواقعها ككل، ولكن لا يمكن معرفة التبدلات أو الاضطرابات التي قد تحدث في داخلها.

قد يكون مفيداً أن يختلف بعض الطيور في أشكال ألوانها عن معظم السرب، بحيث يتسنى مشاهدة بقع الألوان المتحركة. أو قد يمكن التقاط بعض هذه الطيور غير الداجنة، وربط أجهزة في قوائهما ترسل إشارات لاسلكية، ثم إطلاق سراحها. وبمراقبة مواقع إرسال الإشارة اللاسلكية، يمكن دراسة التحركات داخل السرب.

وفي دراسة الاستقلاب، نتعامل، إن صحّ التعبير، مع إسراب من جزيئات الغلوكوز، أسراب كبيرة جداً، فحتى عُشر المليغرام من الغلوكوز - وهو نقطة تكاد لا تراها العين - يتألف من بليون تريليون (*) جزيء. وكل هذه الجزيئات، وفقاً للقناعات الكيميائية في القرن التاسع عشر، متشابهة تماماً. وقد بدا أن لا تمييز طبيعياً بينها، كما أن الكيميائيين كانوا يفتقرون إلى طرق اصطناعية للتمييز.

غير أن الكيميائي الألماني «فرانز كنوب Franz Knoop (1875 - 1946) فكّر في أسلوب ما. كان في العام 1904، يعمل على الأحماض الدهنية التي

(*) البليون أو المليار هو ألف مليون في أميركا وفرنسا ومليون مليون في إنكلترا وألمانيا. والتريليون هو الرقم 1 مع 12 صفراً في أميركا وفرنسا، ومع 18 صفراً في إنكلترا وألمانيا - المترجم.

يمكن استخراج بعض أنواعها من المواد الدهنية المختزنة في مختلف الأنسجة. فكل حمض دهني يتألف من سلسلة طويلة ومستقيمة من ذرات الكربون، وفي أحد طرفي السلسلة، مجموعة حمضية من «الكربوكسيل»، مؤلفة من ذرة كربون وذرة هيدروجين وذرتي أكسجين (COOH).

ومن خصوصيات الأحماض الدهنية المتواجدة داخل الكائنات الحية، ان مجموع عدد ذرات الكربون فيها (بما فيه ذرات الكربون في مجموعة الكربوكسيل) يبقى دائماً زوجاً. ويبلغ عدد ذرات الكربون في أكثر الأحماض الدهنية شيوعاً، 16 أو 18، إلا أن أعداداً مزدوجة أخرى قد تتواجد، أكثر وأقل.

قام «كنوب» بربط «حلقة بنزين» مع سلسلة حمض دهني، في الطرف المقابل لمجموعة الكربوكسيل. وتتألف حلقة البنزين من ست ذرات كربون ضمن دائرة، مع ذرة هيدروجين واحدة مرتبطة بكل منها. وهي مجموعة ثابتة من الذرات، لا يُحتمل تغييرها في الجسم. كانت فكرة «كنوب» ان الحمض الدهني المرتبط بالبنزين، سوف يلقي تقريباً نفس المصير الذي يلقيه الحمض الدهني الأساسي، وان الناتج النهائي قد يبقى محتفظاً بحلقة البنزين المعلقة به، بحيث يمكن التعرف إلى هويته. ويتعبّر آخر، سوف يكون للحمض الدهني «علامة مميزة» ثابتة تحدد هوية الناتج النهائي.

كان ذلك أول استخدام من نوعه لمركّب ذي علامة مميزة، يكشف غموض معضلة في الكيمياء الحيوية.

اكتشف «كنوب» انه إذا أضاف حمضاً دهنيّاً ذا علامة مميزة إلى الوجبة، يمكنه آخر الأمر أن يسترجع حلقة البنزين من أنسجة الحيوان الدهنية، مع سلسلتي كربون مرتبطتين بها، يشكل الكربون الخارجي فيها جزءاً من مجموعة الكربوكسيل. اسم المركّب هذا: «حامض الفينيل أسيتيك»، وقد حصل عليه «كنوب» بصرف النظر عن مدة استخدامه لسلسلة الكربون والحمض الدهني ذي العلامة المميزة.

انتقل «كنوب» بعد ذلك إلى الخطوة التالية، وهي استخدام حمض دهني ذي عدد مفرد من ذرات الكربون في السلسلة، وهو غير متواجد في الكائنات الحية، بل يمكن تأليفه في المختبر. ولهذه الأحماض نفس خصائص الأحماض الدهنية ذات الأعداد المزدوجة من ذرات الكربون، وبالتالي ليس هنالك من

سبب يمنع وجودها في الأنسجة الحية.

وضع «كنوب» علامات مميزة على أعداد مفردة من الأحماض الدهنية مع حلقة البنزين، ثم أطعمها للحيوانات. فلم يظهر عليها أي أثر سيء بسبب عدد سلسلة الكربون المفرد. وعندما قام «كنوب» بدراسة الدهن، وجد أن حلقة البنزين ارتبطت في النهاية مع مجموعة ذرات تحوي ذرة «واحدة» من الكربون، وإن ذرة الكربون هذه كانت جزءاً من مجموعة كربوكسيل. ويُسمى هذا المركب «حمض البنزويك»، وقد وجد «كنوب» أن حمض البنزويك يظهر مهما طال مدة استخدام سلسلة الكربون ذات العدد المفرد التي اعتمدت في البداية.

وقد فسّر «كنوب» اكتشافاته على النحو التالي: قرر أن كل حمض دهني يتفكك بحذف مجموعة من 2 كربون عند طرف الكربوكسيل. ثم «يندمل» الطرف المقطوع بالتحوّل إلى مجموعة كربوكسيل. ثم تقطع مجموعة أخرى من 2 كربون، وهكذا. وبهذه الطريقة، يمكن أن يُقْتَطَعَ حمض دهني ذو 18 كربون، إلى 16، ثم إلى 14، وهلم جراً إلى مجموعة 2 كربون. أما مجموعة 2 كربون الأخيرة، فلا يمكن التعامل معها لأنها مرتبطة مباشرة بحلقة البنزين، ولا يملك الجسم القدرة على اقتطاعها من الحلقة.

من المشروع الافتراض أنه إذا كان من الممكن اقتطاع 2 كربون من الحمض الدهني دفعة واحدة، فإن تكوينه يكون بانعكاس العملية. فانطلاقاً من حمض دهني ذي 2 كربون (حمض الاسيتيك) المعروف تواجده في الجسم، وبإضافة 2 كربون كل مرة، يمكن الوصول من 2 إلى 4 ثم إلى ستة، فثمانية، وهكذا. وهذا ما يفسر لماذا تتكوّن في الأنسجة سلاسل الأحماض الدهنية ذات الأعداد المزدوجة من الكربون.

(بالطبع، كان «كنوب» ما يزال يعمل على البدايات والنهايات. ولم يحدد بشكل نهائي أي شيء بينهما، بل بقي الأمر متروكاً لـ «هاردن» في العام اللاحق).

لقد كانت تجربة ناجحة ومفهومة جداً، إلا أن هنالك مصيدين: فعلامة البنزين المميزة، لا تصلح في أي مركب مهم آخر. كما أنه لم يُكتشف أي علامات مميزة أخرى من هذا النوع. ثم إن مجموعة البنزين لم تكن طبيعية، وقد تكون حرّفت أو شوّهت العمليات الاستقلابية الطبيعية، فاعطت نتائج لم تكن دقيقة حقاً. لذلك تدعو الحاجة إلى ما هو أفضل، إلى ما يقوم بدور علامة

مميزة أينما كان، مع كونه طبيعياً تماماً، لا يتداخل بأي شكل ممكن، مع الاستقلاب الطبيعي.

ثم في العام 1913، تم اكتشاف النظائر كما أشرت في الفصل الأول. وكان معنى هذا أن الجزيئات تختلف فيما بينها بالنسبة إلى محتواها من النظائر ولناخذ جُزء الغلوکوز المؤلف من 6 ذرات كربون، و12 ذرة هيدروجين و6 ذرات أكسجين. فذرات الكربون يمكن أن يكون كل منها، إما كربون - 12 أو كربون - 13؛ وذرات الهيدروجين، أما هيدروجين - 1 أو هيدروجين - 2؛ وذرات الأكسجين، أما أكسجين - 16، أو أكسجين - 17، أو أكسجين - 18.

هذا يعني أن ثمة ما لا يقل عن 25 تريليون نوع نظائري محتمل، لجُزء الغلوکوز، يمكن نظرياً أن تتواجد جميعاً في نموذج من الغلوکوز ذي حجم كافٍ.

إلا أن الأنواع المختلفة لا تتواجد بأعداد متساوية، لأن النظائر نفسها ليست متساوية. ففي حال الهيدروجين، 99.985% من الذرات هي هيدروجين - 1؛ وفي الكربون، 98.89% من الذرات هي كربون - 12؛ وفي الأكسجين، 99.759% من الذرات هي أكسجين - 16.

معنى هذا في حال الغلوکوز، أن 92% من جميع جزيئاته، مؤلف من النظائر ذات الأغلبية دون سواها: كربون - 12، وهيدروجين - 1، وأكسجين - 16. ولا نجد أياً من النظائر الأندر نسبياً والأثقل وزناً، إلا في الثمانية بالمئة (8%) المتبقية.

والأنواع النظائرية الأكثر ندرة من الغلوکوز، سوف تكون بالحصص، مؤلفة من الكربون - 13، والهيدروجين - 2، والأكسجين - 17 (والأخير هو أندر نظائر الأكسجين). هذا النموذج من جُزء الغلوکوز قد يتواجد في الطبيعة مرة واحدة في كل جُزء من أصل 10^{78} جُزء. أي أنه لو كان الكون بكامله مؤلفاً من الغلوکوز دون سواه، فإن احتمال وجود حتى واحد فقط من هذا النوع المتناهي في الندرة، لا يتعدى نسبة الواحد بالألف أو ما يقارب ذلك.

وبرغم هذا التنوع الكبير في النظائر، لم يتحسن الوضع. فالأنواع النظائرية للغلوکوز هي خليط كامل، بنسب ثابتة لا تتغير. ولمزيد من التأكيد، فإن نماذج مختلفة من الغلوکوز قد تُظهر - على أساس التغيرات

العشوائية - مختلف الأنواع النظائرية في تركيزات أقل قليلاً أو أكثر قليلاً من المقدار الذي يفترضه المتوسط النسبي الحقيقي. إلا أن هذه التغيرات، بالمقارنة مع العدد الكبير من الجزيئات الموجودة، هي ضئيلة جداً بحيث يمكن تجاهلها.

ولكن لنفرض الاستفادة من بطء النظائر الأثقل وزناً، بأن نجعل ثاني أكسيد الكربون مثلاً، ينتشر عبر حاجز مُنفذ (ذي مسام). فالجزيئات التي تحوي الذرات الأثقل للكربون - 13 والأكسجين - 18، سوف تتلصق متخلفة وراء سواها. فإذا كررنا عملية الانتشار مرات ومرات، فسوف نخلص إلى نماذج من ثاني أكسيد الكربون، غنية بالكربون - 13 (وبنسبة أقل، بالأكسجين - 18). وبنفس الطريقة، فإن تبخير الماء أو حله كهربائياً، سوف ينتج عنه نماذج ذات نسبة مرتفعة من الهيدروجين - 2 في حين أن معالجة النشادر (ammonia) قد تعطي نماذج غنية بالنظير النادر، نتروجين - 15 (نظير النتروجين المألوف هو نتروجين - 14).

بين هذه العناصر الأربعة، الأكثر أهمية، بالنسبة إلى كيمياء الحياة، نجد أن النتروجين - 15، هو أكثر كثافة من النتروجين - 14 بنسبة 7.1%؛ والكربون - 13، أكثر كثافة من الكربون - 12 بنسبة 8.3%؛ والأكسجين - 18 أكثر كثافة من الأكسجين - 16 بنسبة 12.5%. ولنقارن هذا بالهيدروجين - 2 الذي هو أكثر كثافة من الهيدروجين - 1، بنسبة 100%.

تلا ذلك بعد اكتشاف الهيدروجين - 2، أن أصبح هذا النظير متوفراً للتجارب الاستقلابية، وهو أول نظير أمكن توفره. ولكن بعد ذلك، ومع تحسن تقنيات الفصل، أصبحت نظائر أخرى نادرة نسبياً، متوفرة هي الأخرى.

سنة 1933، هاجر عالم الكيمياء الحيوية الألماني «رودولف شوينهايمر» Rudolf Schoenheimer (1898 - 1941) إلى الولايات المتحدة. (كان يهودياً ورأى إن لا فائدة له من البقاء في ألمانيا بعد أن تسلّم هتلر السلطة في تلك السنة). وحصل في الولايات المتحدة على مركز في جامعة كولومبيا وأتيحت له فرصة العمل جنباً إلى جنب مع «يوراي» وبالتالي الحصول على إمداد بالهيدروجين - 2.

بدا «لشوينهايمر» أنه يمكن استخدام الهيدروجين - 2 كعلامة مميزة

للمركبات العضوية. فللأحماض الدهنية غير المشبعة، المؤلفة من جزئيات تحوي دون العدد الأقصى من ذرات الهيدروجين، قابلية إضافة ذرتي هيدروجين (أو أربع، أو ست، وفقاً لدرجة عدم الإشباع) لتصبح مُشبعة. ولا يؤثر على الأحماض الدهنية غير المشبعة، أخذ الهيدروجين - 1 أو الهيدروجين - 2، وبالتالي فإن الناتج النهائي يمكن أن يكون غنياً بالهيدروجين - 2.

يتواجد الهيدروجين - 2 في الطبيعة. فأي جزيء معين من حمض دهني مشبع، يمكن إذن أن يحوي واحداً أو أكثر من هذا النظير في الحالات العادية. وبما أن هناك ذرة واحدة من الهيدروجين - 2 تقريباً مقابل كل 6.500 ذرة هيدروجين - 1 وأن هناك 36 ذرة هيدروجين في جزيء الحمض الدهني النموذجي - فس نجد جزيئاً واحداً من الحمض الدهني مقابل كل 180 جزيئاً، يحتوي على ذرة هيدروجين - 2، أو جزيئاً واحداً من كل 32000 جزيء يحتوي على ذرتين من الهيدروجين - 2 أو جزيئاً من كل 5,750,000 يحتوي على ثلاث ذرات منه.

وهذا ليس بالكثير. فمن السهل أن نشبع غذاء الجرذ بأحماض دهنية ذات «علامات مميزة نظائرياً» تحوي من الهيدروجين - 2 أكثر مما في كامل كمية الدهن في الوجبة، ثم نتتبع العلامة المميزة. وبعد أن يكون الجرذ قد هضم وامتنص واستقلب الدهن، يمكن قتله وفصل الدهن فيه إلى مختلف أحماضه الدهنية. وهذه يمكن أكسدتها إلى ثاني أكسيد الكربون وإلى ماء، ويمكن تحليل الماء بواسطة مطياف الكتلة لتحديد محتواه من الهيدروجين - 2. وأي زيادة عن كمية طبيعية ضئيلة جداً، سوف تكون مستمدة من الدهن ذي العلامة المميزة الذي أعطي للجرذ.

منذ العام 1935، بدأ «شوينهايمر»، بالتعاون مع «ديشيد ريتنبرغ» (David Rittenberg) (1906 -) سلسلة من مثل هذه التجارب على الجرذان.

عندما يأكل الحيوان الغذاء، يمتص جزءاً منه في جسمه، فيستخدم بعضه في بناء أنسجته الخاصة، ويؤكسد أجزاء أخرى للحصول على الطاقة التي تحتاجها وظائفه المختلفة. وأي فائض من الغذاء، يُخزّن بشكل مواد دهنية، كمخزون احتياطي من الطاقة، للحالات التي قد لا يجد فيها الحيوان ما يأكله.

لماذا المواد الدهنية؟ لأنها المادة الأكثر كثافة التي يمكن للجسم بواسطتها تخزين الطاقة. فالكمية المعينة من الدهن، عند تأكسدها، تطلق ضعف الطاقة

التي تطلقها نفس الكمية من الكربوهيدرات^(*) أو الهروتين. كان من المفترض وفقاً للاعتقاد السائد، ان هذه المخزونات الاحتياطية من المواد الدهنية تتكدس ولا تتفاعل مع الجسم، أي تبقى بلا حراك نسبياً؛ أن الجزيئات الدهنية تبقى في انتظار الحالات الطارئة لستخدام. وبما أن الحيوان قد لا يُحرم من الغذاء إلا نادراً - أو حتى أبداً - فقد لا تدعى الجزيئات الدهنية للعمل أبداً، وتبقى في مكانها نائمة بهدوء، إذا صحّ التعبير.

ولكنها في الواقع ليست كذلك. فبعد أن أطعم «شوينهايمر» و«ريتنبيرغ» الجرذان المواد الدهنية ذات العلامات النظائرية المميزة، انتظروا أربعة أيام، ثم قاما بتحليل المواد الدهنية المخترنة في أجسام الجرذان، فوجدا أن نصف ذرات الهيدروجين - 2 التي أكلتها الجرذان، موجود في خزين المواد الدهنية. كان معنى هذا أن الجرذ (وافترضاً أي حيوان آخر أيضاً) كان يستخدم باستمرار، جزيئات من خزين المواد الدهنية، ثم يستبدلها بجزيئات أخرى، أو بتعبير آخر، ان المخزون الدهني كان باستمرار يتبادل ذرات الهيدروجين مع بعضه البعض، ومع الجزيئات الجديدة الوافدة. وفي أي من الحالين، كان هناك نشاط سريع ودائم.

جرّب «شوينهايمر» و«ريتنبيرغ» نماذج أخرى من العلامات النظائرية المميزة أيضاً. وحصلوا على امداد بالتروجين - 15 من «يوراي»، فاستخدماه لتأليف أحماض أمينية. والأحماض الأمينية هي أحجار البناء في جزيئات الهروتين، وهناك على الأقل ذرة نتروجين واحدة في كل حمض أميني. فالحمض الأميني الذي يحتوي على نتروجين - 15، يمكن إعطاؤه للجرذ ثم تتبعه. تبين أن ذرة النتروجين لم تبقى في الحمض الأميني الخاص الذي أعطي للجرذ، إذ وُجد بعد فترة قصيرة جداً، في أحماض أمينية أخرى. وتحول الأمر إلى قاعدة عامة مفترضة. فالجزيئات التي تُكوّن الجسم، لا تمكث فيه وهي راكدة. في انتظار إشارة ما، بأن ثمة حاجة إلى تحول كيميائي يشملها. فبدلاً من ذلك، تبقى في تفاعل مستمر.

وهذه التفاعلات لا تستوجب بالطبع تحولاً كلياً. فقد يتخلّى الجزيء عن ذرتي هيدروجين، ثم يعود لاختهما من جديد؛ وقد يتخلّى عن الذرات المكوّنة

(*) المواد النشوية والسكرية - المترجم.

لجزيء الماء، وبأخذها من جديد؛ وقد يتخلى عن مجموعة تحتوي على التروجين، ثم يستعيدها ثانية. والجزء ذو الحلقة من الذرات، قد يكسر الحلقة، ثم يعود لتكوينها، في حين أن الجزيء ذا السلسلة المستقيمة من الذرات، قد يُشكّل حلقة ثم يكسرها. ويمكن لجزيئين اثنين أن يتبادلا ذرات متماثلة أو مجموعات ذرية من دون تغيير في وضع أي منها.

لم يكن بالإمكان إثبات شيء من هذا بدون استخدام مركّبات ذات علامات نظائرية مميزة. ولكن بعد أن دخلت هذه العلامات حيز الاستعمال، وأثبتت وجود تلك التغيرات الجزيئية الدائمة، أصبح بالإمكان (مؤخراً) أن ندرك أسباب ذلك.

فإذا بقيت الجزئيات هامة ساكنة بلا نشاط كيميائي وبانتظار الطوارئ وحسب، فسوف يكون هنالك تغيير عنيف في الوسط الجزيئي، عند وقوع الحالة الطارئة، لتحويل السكون إلى حركة فاعلة. وهذا بالطبع يستغرق وقتاً «لاستيقاظ» الجزئيات، وإعداد آلية العمل بكاملها. ومن غير المحتمل بالنتيجة أن تتمكن العضوية (*) organism من مواجهة الحالة الطارئة بالسرعة الكافية. ومن جهة أخرى، فإذا كانت الجزئيات في عمل مستمر، ترتعش (لوصحّ التعبير) في مكانها، فإن الأمر لا يعود يستوجب - عند الحالة الطارئة - سوى تغيرات طفيفة. فالجزئيات التي تمر بمختلف التغيرات في كل حال، لن يكون عليها إلا أن تسارع بعضها وتباطىء بعضاً آخر، ويمكن القول ان الآلية بكاملها سوف تكون جاهزة.

لو كان في تاريخ الأرض المبكر، كائنات حية لم تُفدّ من الجزئيات ذات النشاط الدائم (وهذا ما أشك فيه)، لكانت مرفوضة في السباق التطوري، في حين ان الكائنات الأخرى التي «لها» جزئيات دائمة النشاط، تابعت نموّها. نشر «شوينهايمر» كتاباً عنوانه «الحالة الديناميكية لمكونات الجسم» يصف فيه، ويشرح سائر مكتشفاته، فأحدث دويّاً في عالم الكيمياء والكيمياء الحيوية. ولكنه انتحر، في 11 أيلول 1941، وهو بعمر ثلاثة وأربعين عاماً. لا أدري لماذا فعل ذلك. والأكيد انه قرّر من هتلر. وفي أيلول 1941 بدا أن ألمانيا هي المنتصرة. فكل أوروبا كانت تحت سيطرتها. وبريطانيا العظمى بالكاد

احتملت الحرب الجوية الخاطفة، والاتحاد السوفياتي الذي كان يتعرض للغزو بدا وكأنه ينهار تحت وطأة الهجوم الألماني الكاسح. وكانت اليابان إلى جانب النازيين، في حين كانت الولايات المتحدة مجمدة تحت ضغط انعزاليها. وأذكر جيداً الرعب والانهيال في تلك الفترة لدى كل من عنده أسباب للتخوف من النظريات النازية العرقية. قد تكون لدى «شوينهايمر» أسباب شخصية أيضاً، إلا أنني لا أستطيع تجاهل إسهام الوضع العالمي في ذلك.

وبكل حال، فقد كانت مأساة من عدة وجوه. فلنعتبر ان «شوينهايمر»، أسس تقنية العلامات النظرية المميزة، وانه في سياق العملية، أحدث ثورة في نظرتنا إلى الاستقلاب. ولنعتبر أيضاً أن الأعمال اللاحقة (التي كان لا بد «لشوينهايمر» أن يشارك فيها لو بقي على قيد الحياة) أفادت من تلك العلامات، فحلّت العديد من مسائل الاستقلاب بالتفصيل. فإنه يبدو من المؤكد أن ينال «شوينهايمر»، وفي غضون سنوات قليلة، جائزة نوبل، لو هو سمح لنفسه بالبقاء حياً.

والأكثر من ذلك، انه لم يعيش ليرى ذروة اكتشاف شكل آخر من العلامات النظرية المميزة في أعقاب الحرب العالمية الثانية. فهو نفسه، لو تسنى له معرفة ذلك، لكان تحسّر على تلك الخسارة أكثر من تحسره على خسارة جائزة نوبل.

وسنعالج هذا الشكل الآخر من العلامات في الفصل التالي.

3

عواقب الفطيرة

في 11 تشرين الثاني 1985، قال لي البواب وأنا داخل: «إنك في الصفحة السادسة من «النيويورك بوست» (New York Post) يا دكتور عظيموف».

وارتفع حاجبائي. فالصفحة السادسة تتحدث عن الأمور الشخصية - صفحة القيل والقال. هذا على الأقل، ما يقال لي. فأنا غالباً لا أقرأ «الهُوسْت». سألت الحاجب: «ما الموضوع؟» فتبسم ابتسامة عريضة: «كنت تُقبّل امرأة يا دكتور عظيموف».

ثم ناولني الصحيفة.

وتقبيلي امرأة لا يُشكّل خبراً. فعندي ان النساء جميعاً خُلِقْنَ للتقبيل. فلماذا تنزعج صحيفة «الهُوسْت»؟ وفتحت الصحيفة على الصفحة السادسة وأنا في المصعد إلى منزلي.

دخلت شقتي وقلت لزوجتي العزيزة «جانيت» (Janet):

لقد حصل أخيراً يا «جانيت». قبّلت امرأة، فصار الأمر حديث أعمدة الصحيفة».

فقلت وهي تعرف كل شيء عن ضعفي المحجب:
«آه، كلا.. الآن سوف يتصل كل معارفنا، ليخبروني بذلك».
فقلت: «وما هم؟» ثم ناولتها الصحيفة. وها هو الخبر بالكامل:

«إن فتى المدينة كالدكتور عظيموف لا يحتاج إلى سينما في العراء. فكتاب العلوم الخيالية المكثّر لا يبدو مكثّراً بمن رآه يعانق ويقبل امرأة في أكاديمية نيويورك للعلوم، شارع 63 الشرقي، خلال تقديم عرض (TBS) الجديد: «خلق الكون». ولماذا يكثر؟ فالسيدة كانت زوجته منذ 12 عاماً، جانيت جيسون. ولعل العنوان هو الذي أثار عواطف الزوجين الستينيين».

وضحكت «جانيت» من كل قلبها. وبلغ من سرورها انها لم تنزعج من وصفها بابنة الستين، رغم كونها حينذاك (5 تشرين الثاني) ابنة 59 سنة وربع السنة فقط.

وقلت لها: «هنالك ما هو أهمّ يا «جانيت». فكّري بما يكشف لنا الخبر عن مجتمعنا. رجل في آخر شبابه، يُقبل زوجته، ويُعتبر الأمر غريباً بحيث تتناوله الصحف».

ومع ذلك، فالأمور الغريبة لا تسجلها الصحف وحدها، بل حتى كتب التاريخ - بحيث تكتسب أئفه الأشياء أهمية خاصة. ففي تاريخ العلوم مثلاً، هنالك الحادث المنحوس لصاحبة المنزل وفطيرة الأحد - .

وتشمل الحكاية أحد الكيميائيين المجرين «جيورجي هيفيزي» Gyorgy Hevesy (1885 - 1955). كان والده صناعياً منحه أمبراطور النمسا والمجر، فرنسيس جوزف الأول رتبة النبلاء، بحيث كان العالم الكيميائي يسمى أحياناً «فون هيفيزي».

سنة 1911، تشاجر «هيفيزي» مع صاحبة المنزل. وادعى ان بقايا الفطيرة التي كانت تقدمها له أيام الأحاد في العادة، كان يعاد تصنيعها فتضاف إلى الطعام في باقي أيام الأسبوع. (شخصياً، لا أرى في هذا عملاً إجرامياً. ولكن في تلك المرحلة قبل تواجد وانتشار التبريد المنزلي الفعال، قد تُشكل إعادة التصنيع هذه مجازفة خطيرة). وقد نفت صاحبة المنزل هذه التهمة بشدة.

والذي حدث، ان «هيفيزي» كان يعمل في مختبر «أرنست رذرفورد» Ernest Rutherford بـ كامبردج (Cambridge) آنذاك. وكان «رذرفود» وتلامذته منهمكين كلياً بالأبحاث حول الإشعاع الذري. وهذا يعني انه كان في مقدور

«هيفيزي» الحصول على كمية يسيرة جداً من المادة المشعة. والذي استعمله فعلاً، كان جزءاً ضئيلاً جداً من بقايا تفكك عنصر الثوريوم.

بعد انتهاء وجبة الأحد ذات إسبوع، أضاف «هيفيزي» رشة قليلة من المادة المشعة إلى الفطيرة، من دون أن يراه أحد. وفي يوم الأربعاء التالي، قُدِّمت إليه وجبة نفخ^(*)، فأخرج «هيفيزي» مكشافه Electroscope الكهربائي.

ويتألف المكشاف الكهربائي من ورقتي ذهب داخل حجرة، مربوطتين إلى قضيب معدني ينفذ أحد طرفيه إلى خارج الحجرة. فإذا لامس هذا الطرف الخارجي جسمًا مشحونًا كهربائيًا، تنشحن الورقتان الذهبيتان بنفس التيار، فتبتعد إحداهما عن الأخرى، بحيث تشكّلان الرقم 8.

وإذا تعرض هذا المكشاف المشحون إلى إشعاع قوي كالذي تصدره المواد المشعة، فإن الشحنة تتلاشى، وتعود الورقتان الذهبيتان متلاصقتين كما قبل. وعندما قُرب المكشاف من النفخ، تلاقت الورقتان على الفور. وبتعبير آخر، كان النفخ مشعًا، وما ذلك إلا لأنه يحتوي على فتات من فطيرة الأحد.

أي ان «هيفيزي» وسم الفطيرة بعلامة مميزة مشعة، ثم تتبع آثار تلك العلامة. كان ذلك أول استخدام في التاريخ «للمُسْتَشَفِّ المشع» radioactive tracer ولو من أجل غاية تافهة.

استخف «هيفيزي» نفسه بالحدث واعتبره غير ذي شأن. ولكنه لا يمكن أن يكون كذلك. فقد دفعه على الأقل إلى التفكير بالتبع الإشعاعي، فكانت له نتائجه.

سنة 1913، طبق مبدأ التبع الإشعاعي على مسألة كيميائية. فالعديد من مركّبات الرصاص، لا يذوب إلا قليلاً. ومن المفيد كيميائياً معرفة مقدار قابلية الذوبان لكل مركّب، ولكن يتعذر قياس ذلك بدقة. ولنفرض اننا طحنا أحد مركّبات الرصاص وأضفناه إلى الماء، ثم حرّكناه بحيث يذوب منه أكبر مقدار ممكن، وقمنا بعد ذلك بترشيح المسحوق الذائب، وتحليل السائل الصافي لمعرفة الكمية المذابة. فسنجد ان الكمية ضئيلة جداً بحيث يتعذر تحديد نسبة تركيزها بشكل دقيق تماماً.

وقرر «هيفيزي» انه يكفي خلط الرصاص العادي مع الرصاص - 210

(*) نوع من الأطعمة يحتوي على البطاطا والحليب ويتنفخ عندما يُطهى في الفرن - المترجم.

الذي يتكوّن في سياق تفكك اليورانيوم، والذي كان يُعرف آنذاك «بالراديوم - د». ويختلط الرصاص - 210 مع الرصاص العادي وما دامت خصائصه الكيميائية مماثلة لخصائص الرصاص العادي، فإنه يخضع لأي تغيرات يخضع لها هذا الأخير. يصنع بعد ذلك من الرصاص مع مزيد المشع، مركب خاص يحتوي على نسبة ضئيلة من الرصاص - 210. ويمكن تحديد كمية الرصاص - 210 الموجودة بكل دقة، عن طريق قياس قوة الإشعاع الذري، وهو قياس دقيق جداً في نتائجه رغم ضآلة الكمية الموجودة.

فإذا أذيب مركّب الرصاص، يذوب كذلك محتواه من الرصاص - 210، وينفس نسبة ذويان المركّب نفسه. وبقياس نسبة الرصاص - 210 الموجودة في المحلول، نكون قد عرفنا تلقائياً نسبة مجموع الكمية الذائبة من المركّب. وبهذه الطريقة يمكن تحديد الذويانية بدقة أكبر بكثير مما تتيحه الطرق السابقة. وبحلول العام 1918، كان «هيفيزي» يستخدم كلاً من الرصاص المشع والبزموت المشع لدراسة سلوك مركّبات الهيدروجين في هذين المعدنين.

ثم في العام 1923، استخدم «هيفيزي» مستشقات إشعاعية لأول مرة، في أبحاث الكيمياء الحيوية. فأضاف كميات ضئيلة من محلول الرصاص إلى السائل الذي يروي النباتات التي يعمل عليها. والنباتات تمتص الأملاح المعدنية في التربة، واحتمالاً، مركّبات الرصاص، بكميات قليلة جداً. واستخدم «هيفيزي» لهذه الغاية، مركّبات رصاصية تحتوي على قليل من الرصاص المشع - 210. وبفترات مختلفة، أحرقت النباتات، وجرى تحليل الرماد لمعرفة الإشعاع. وبهذه الطريقة، أمكن التعرف إلى سير امتصاص الرصاص في مختلف أجزاء النباتات بكل دقة.

إلا أن ثمة حدوداً لاستخدام الرصاص والبزموت، خصوصاً في مسائل الكيمياء الحيوية، لأن أياً من العنصرين لا يتواجد طبيعياً في الأنسجة الحية (إلا في حال تلوث طارئ). ولهذا السبب، فإن تقارير «هيفيزي» التي بدا أن لها بعض الفائدة، اعتبرت غير مجدية. ولم تتبيّن نتائج أعماله البالغة الأهمية (وكذلك فطيرة الأحد لصاحبة المنزل) إلا في العام 1943، حيث مُنح جائزة نوبل في الكيمياء.

وليكّم كيف اتخذ التتبع الإشعاعي الأهمية الكبيرة.

يبدو للنظرة الأولى ان الإشعاع الذري يقتصر كلياً على العناصر الغريبة في الطرف الأعلى من الجدول الدوري . فاليورانيوم (العنصر رقم 92) والثوريوم (رقم 90) يتفككان وينتجان عشرات الأصناف المختلفة. وهذه الأصناف تحوي عدداً من الذرات يتدنى إلى 82، ولكن لا أقل من ذلك. (كان هناك عدد أكبر بكثير من نواتج التفكك لكل منهما، تختلف أرقامها الذرية. وكانت هذه الظاهرة أول ما وضع «فريدريك سودي» على طريق النظائر- كما أشرت في الفصل الأول).

بين سائر نواتج التفكك، كانت نظائر الرصاص (82) والبزموت (84) هي نظائر لعناصر ذات نظائر ثابتة أيضاً. وبيّنت دراسات الظواهر الإشعاعية في العشرينات، إن لا نظائر مشعة لأي عنصر ذي رقم ذري أقل من 82، فبدأ أنه من المعقول الافتراض، وبكل بساطة، ان لا وجود لمثل هذه النظائر المشعة في العناصر الأخف وزناً.

ثم جاءت أعمال «فريدريك جوليو كوري» Frederic Joliot - Curie (1900 - 1958) وزوجته «إيرين جوليو كوري» Irene Joliot - Curie (1897 - 1956) التي كانت ابنة السيدة «ماري كوري» Madame Marie Curie الشهيرة.

كان الزوجان «جوليو كوري» منمكّين في رجم bombardment الذرات الخفيفة كالبرون والمغنيزيوم والألمينيوم، بجسيمات ألفا، وهو نوع من الإشعاع لبعض المواد المشعة. وكان «رذرفورد» قد بدأ مثل هذا العمل، لأنه أول من لاحظ ان النواة الذرية تتغير نتيجة ذلك.

يتألف جُسيم ألفا من بروتونين ومن نيوترونين. وعندما يصطدم بنواة ذرة خفيفة، قد يحدث أن يبقى النيوترونان مع بروتون واحد في النواة، وان ينطلق البروتون الآخر بعيداً. وهذا ما لمس «رذرفورد» أول الأمر، عندما رجم التروجين سنة 1919، بجسيمات ألفا. كانت نواة التروجين تحوي 7 بروتونات و 7 نيوترونات، فإذا أضيف إليها بروتون واحد ونيوترونان اثنان من جسيم ألفا، أصبح لدينا مادة ناتجة ذات 8 بروتونات و 9 نيوترونات.

والنواة ذات 8 بروتونات و 9 نيوترونات، هي نواة الأكسجين - 17، ومع كونها نادرة في الطبيعة، إلا أنها مستقرة Stable. وبالتالي، فقد حوّل «رذرفورد» التروجين - 14 إلى أكسجين - 17، فانجز بذلك عملية تحويل أحد العناصر

إلى عنصر آخر، وهي العملية التي عجز عنها الخيميائيون^(*) الأوائل .
 وحصل الزوجان «جوليو كوري» على نتائج مماثلة . فوجدوا، سنة 1933 ،
 أن رجم الألومينيوم - 27 (نواة ذات 13 بروتوناً و 14 نيوترونات) بجسيمات ألفا
 (المؤلفة من بروتونين ونيوترونين)، نتج عنه زيادة بروتون واحد ونيوترونين إلى
 النواة، بحيث أصبحت مؤلفة من 14 بروتوناً و 16 نيوترونات، وهي نواة السليكون
 - 30، أحد نظائر السليكون النادرة ولكن المستقرة .

كان معنى هذا بالطبع، أن ثمة بروتونات تنطلق كالعادة، من الألومينيوم
 المرجوم، الأمر الذي لا يُستغرب إطلاقاً . ثم لاحظ الزوجان «جوليو كوري»، أن
 هنالك كمية ما من النيوترونات والهوزيترونات^(**)، تنطلق كذلك، إضافة إلى
 البروتونات . كان هذا أكثر غرابة من سابقه، ولكن إلى حدٍ ما .

فالنيوترون (الذي اكتُشف سنة 1931، أي قبل أربع سنوات من ذلك فقط)
 شبيه جداً بالبروتون، مع فارق وحيد، هو أن النيوترون لا شحنة كهربائية له، في
 حين أن للبروتون شحنة (+1) . أما الهوزيترون (الذي اكتشف قبل ذلك بستين
 فقط)، فهو خفيف جداً بالمقارنة مع البروتون والنيوترون، ولكنه كالبروتون ذو
 شحنة كهربائية (+1) . فإذا جمعنا بين النيوترون والهوزيترون، تكوّن لدينا جسيم
 ذو كتلة تساوي كتلة النيوترون، وشحنة (+1)، أي إنه بروتون . وبالتالي، فإذا
 تكوّن لدينا، نتيجة تفاعل نووي، بروتون واحد، فمن المعقول، في هذا التفاعل
 النووي بالذات، أن يتكوّن لدينا نيوترون واحد مع هوزيترون واحد، وهما معاً،
 يساويان البروتون .

إلى هنا، وكل شيء على ما يرام . ثم في العام 1934، لاحظ الزوجان
 «جوليو كوري»، أنه إذا توقف الرجم بجسيم ألفا، يتوقف إنتاج البروتونات
 والنيوترونات كذلك، وفي الحال . وهو أمر يجب توقعه . ولكن، هنا كانت
 المفاجأة الكبيرة . فإنتاج الهوزيترونات «لم» يتوقف! بل بقي بمعدل يتضاءل مع
 الزمن، ويشكل ميزة للتحوّل الإشعاعي .
 فماذا كان يحدث؟ .

افترض الزوجان «جوليو كوري» في البداية أن ذرة الألومينيوم أطلقت في

(*) تعبير قديم للمشتغلين بالكيمياء الذين كان يسعون لتحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب - المترجم .

(**) جسيم موجب ذو كتلة تعادل كتلة الإلكترون - المترجم .

نفس الوقت، نيوترونًا وبيوزيترونًا، وبما ان هذا يعادل إطلاق بروتون، فإن الألومينيوم كان يتحوّل في كلتي الحالين إلى سليكون - 30. وكون إطلاق النيوترونات قد توقف مع استمرار إطلاق البيوزيترونات، قد يعني أن انتاج هذين الجسيمين كان بشكل فردي، مستقل أحدهما عن الآخر. ولنفرض أولاً، انه تم إنتاج نيوترون واحد وإطلاقه.

قد يعني هذا انه عندما اصطدم جسيم ألفا بنواة الألومينيوم - 27، فإنها امتصت من الجسيم بروتونين اثنين ونيوترونًا واحدًا، وقذفت النيوترون الثاني. وبالتالي، فإن الـ 13 بروتونًا والـ 14 نيوترونًا في الألومينيوم - 27، تتحوّل إلى 15 بروتونًا و 15 نيوترونًا، وهذا نواة الفوسفور - 30.

إلا ان الفوسفور - 30، «لا» يتواجد في الطبيعة. فذرات الفوسفور المتواجدة في الطبيعة، لا تكون إلا على شاكلة ذرية واحدة - أي الفوسفور - 31 (15 بروتونًا و 16 نيوترونًا). ولا وجود لأي نظير فوسفوري آخر في الطبيعة. ومع ذلك، فلنفرض أن تكوّن لدينا الفوسفور - 30. فيجب أن يكون مشعًا، لأن هذا يفسّر عدم تواجده في الطبيعة. فحتى لو تكوّن بشكل أو بآخر، فلا بد من أن يتفكك بسرعة.

وماذا، في الواقع، لو ترافق تفكك الفوسفور - 30 مع إطلاق بوزيترونات؟ قد يُفسّر هذا لماذا استمر إطلاق البيوزيترونات بعد توقف الرجم بجسيمات ألفا. لقد، كوّن الرجم الفوسفور - 30 بأسرع مما يستطيع هذا الأخير التفكك، بحيث أمكن تراكم بعض التركيزات واستمر الفوسفور - 30 المتراكم في التفكك بعد توقف الرجم بجسيم ألفا.

ومن نسبة تضاؤل تكوين البيوزيترونات، أمكن حساب العمر النصفى half - life للفوسفور - 30 الذي هو نحو دقيقتين ونصف الدقيقة (2.5).

إن إطلاق البيوزيترون يشبه كثيراً إطلاق جسيم بيتا. فجسيم بيتا هو الكترون سريع بكل حال، والبيوزيترون مماثل تماماً للالكترن، إلا أن الأول ذو شحنة (+ 1) والثاني ذو شحنة (- 1).

عندما ينطلق الكترون من النواة، يتحول نيوترون ذو الشحنة صفر، إلى بروتون ذي شحنة (+ 1). وبكلمة أخرى، فعندما تخسر النواة شحنة سالبة (عن طريق إطلاق الكترون)، يعني ذلك انها كسبت شحنة موجبة (عن طريق تحويل نيوترون إلى بروتون).

وبالطبع، فإن إطلاق البوزيترون، يفعل عكس إطلاق الإلكترون، ما دام البوزيترون نقيض الإلكترون. فإذا كان إطلاق الإلكترون، يُحوّل النيوترون إلى بروتون، فإن إطلاق البوزيترون يُحوّل البروتون إلى نيوترون. وإذا أطلق الفوسفور - 30 بوزيتروناً، تحوّل بروتوناته الـ 15 ونيوتروناته الـ 15 إلى 14 بروتوناً و16 نيوتروناً، فأصبح السليكون - 30.

حصيلة ذلك إذن، انه إذا رجعنا الألومنيوم - 27 بجسيمات ألفا، أمكنه أن يتحول إلى سليكون - 30 مباشرة، أو أن يتحوّل إلى سليكون - 30 بصورة غير مباشرة، عبر الفوسفور - 30. وبالتالي، فإن الزوجين «جوليو كوري» كانا أول من أثبت وجود «الإشعاع الذري الاصطناعي». واعترف بأهمية ذلك في الحال، فمنح الزوجان جائزة نوبل للكيمياء، سنة 1935.

بعد أن فتح الزوجان «جوليو كوري» الطريق، تبعهما باحثون آخرون، فاكْتُشِف العديد من «النظائر المشعة» (Radioisotopes)، وعُرف في النهاية ان لكل عنصر في الجدول بدون استثناء، نظائر مشعة.

ومن الواضح أن «النظائر المشعة» يحتمل أن تشكل علامات مميزة أفضل من النظائر الثابتة ولكن النادرة. ولا يمكن اكتشاف النظير الثابت وقياس تركيزه إلا بمطياف الكتلة - وهي عملية مملة وصعبة. أما النظائر المشعة، فيمكن اكتشافها وقياس تركيزها بشكل أسرع. وأسهل.

كان «هيفيزي» أول الرواد هنا أيضاً. ففي سنة 1935، درس امتصاص النبات لأيونات (*) ions الفوسفور من المحلول، مستخدماً الفوسفور المشع بمثابة دال.

وبالطبع، هنالك صعوبات في استخدام النظائر المشعة.

فماذا لو كان العمر النصفى قصيراً؟.

كما أسلفت، فإن العمر النصفى للفوسفور - 30 هو 2.5 دقيقة. ومن الواضح ان أي اختبار يستخدم الفوسفور - 30، يجب أن ينجز من أوله إلى آخره في غضون دقائق معدودة، وإلا فإن الفوسفور - 30 يكون قد تضاعف إلى حد يستحيل معه اكتشافه بدقة كافية. ولحسن الحظ، فالفوسفور - 32 نظير مشع

(*) يعرف الأيون أيضاً باسم «الشاردة».

آخر لهذا العنصر - يتمتع بعمر نصفي قدره 14.3 يوماً، وهذا أفضل بكثير.
من وجهة نظر الكيمياء الحيوية، فإن أهم العناصر الخمسة هي:
الهيدروجين (رقم 1) والكربون (رقم 6) والنتروجين (رقم 7) والأكسجين (رقم 8)
والكبريت (رقم 16). وبالنسبة إلى الكبريت، هنالك النظير المشع الملائم:
الكبريت - 35، وعمره النصفى 87 يوماً.

أما الهيدروجين، فبدا إنه مسألة أكثر إرباكاً وفي الواقع، قد يكون ثمة
سبب للافتراض بانه، حتى مع وجود نظائر مشعة لسائر العناصر الأخرى، قد لا
يكون للهيدروجين أي نظير مشع. فهو، بعد كل شيء، أبسط العناصر. فكيف
يتفكك؟.

في الواقع، تتكون النواة العادية للهيدروجين من بروتون واحد، ولا شيء
آخر. وعليه يجب أن يكون مستقراً. وحتى عندما اكتشف الهيدروجين - 2
(دوتيريوم) بنواة مؤلفة من بروتون واحد ونيوترون واحد، فإن هذا الأخير كان
مستقراً أيضاً.

ولكن منذ اكتشاف الدوتيريوم، استخدمه العلماء في عدد من الطرق
المختلفة، ومن بينها، للرجم بالنيوترونات.

والنيوترونات ليست مشحونة كهربائياً، ولا يمكن تسريعها كما في
الجسيمات المشحونة. ويعني هذا انه إذا كان لدينا مصدر للنيوترونات، فعلينا أن
نأخذها بالطاقات التي تتجهها، ما دمننا لا نستطيع تسريعها إلى طاقات أكبر.
والطاقات الموجودة، لا تكون عادة هي الطاقات التي تتطلبها الاختبارات.

إن نواة الدوتيريوم أو «الدوتيريون» *deuteron*، المؤلفة من بروتون واحد
و نيوترون واحد، «يمكن» تسريعها، ما دامت ذات شحنة (+ 1). وبالتالي،
يمكن رجم نوى الذرات بالدوتيريون السريع وذو الطاقة العالية.

ويصادف مع ذلك ان البروتون والنيوترون في الدوتيريون، ضعيفا
التماسك، بالمقارنة مع الروابط في النوى الأخرى. وعندما يقترب دوتيريون
سريع من النواة (المشحونة بشحنة موجبة)، تطرد النواة البروتون. ويمكن
أن ينقسم عندئذ الرباط بين البروتون والنيوترون، بحيث يُقذف البروتون خارج
النواة، فينتقل في غير اتجاه. إلا أن النيوترون غير المشحون، لن يتأثر بشحنة
النواة الكهربائية، بل يتابع طريقه بسرعة إلى الأمام، وعندها يصدم النواة
ويندمج معها.

سنة 1934، قام فيزيائي استرالي، «ماركوس لورانس إلوين أوليفانت» Marcus Laurence Elwin Oliphant (1901 -) برجم الدوتيروم نفسه بالدوتيرونات السريعة. فكان بروتون الدوتيرون دائماً ينقذف بعيداً، ويبقى النيوترون متجهاً إلى الأمام فيصدم نواة الدوتيريوم (دوتيرون ذو طاقة ضخيلة) ويبقى فيها. وتكون النتيجة نواة ذات بروتون واحد ونيوترونين، أي «هيدروجين - 3» أو ما يسمى غالباً «تريتيوم» tritium، ومكتشفه هو «أوليفانت».

وتبين أن الهيدروجين - 3 مشعٌ وأنه النظير المشع الوحيد للهيدروجين. وهو يتفكك بقذفه الكترونات واحداً (جسيم بيتا)، بحيث يتحول داخل نواته نيوترون إلى بروتون. والنواة الناتجة ذات بروتونين ونيوترون واحد، هو الهليوم - 3، وهي نواة نادرة جداً، إلا أنها مستقرة.

يبلغ العمر النصفى للهيدروجين - 3 حوالي 12.26 سنة، وبالتالي يمكن استخدامه علامة مميزة بوصفه نظيراً مشعاً.

والحظ السعيد الذي رافق علماء الكيمياء الحيوية مع الكبريت والهيدروجين، أفشلهم مع الأكسجين والتروجين.

فأقل نظائر التروجين المشعة استقراراً، هو التروجين - 13 (7 بروتونات، 6 نيوترونات)، إذ لا يزيد عمره النصفى عن 10 دقائق. أما الوضع مع الأكسجين، فهو أسوأ. إن أكثر نظائر الأكسجين المشعة استقراراً نسبياً، هو الأكسجين - 15 (8 بروتونات، 7 نيوترونات) وعمره النصفى لا يتعدى دقيقتين.

ولا يصلح أي منهما كدالٍ استشفافي، ما داماً سريعي الزوال. والأكثر من ذلك، إنه من الأكيد الأكيد أننا لن نجد نظيراً مشعاً لأي منهما، ذا عمرٍ نصفى أطول. فبالنسبة إلى هذين العنصرين، لا بد من الالتزام بالنظيرين المستقرين والنادرين، الأكسجين - 18، والتروجين - 15، كدالين مميزين. (ومع أنه لا مجال للتدمير. فنحن محظوظون بوجودهما. وقد خدما الكيميائيين الحيويين كثيراً).

لفترة ما، لم يبدُ أن الكربون، و«هو» أهم عنصر في الكيمياء الحيوية على الإطلاق، سوف يكون أفضل من سابقه. فخلال الثلاثينات كان أقل نظائر الكربون المشعة المعروفة، هو الكربون - 11 (6 بروتونات، 5 نيوترونات)، وعمره النصفى 20.4 دقيقة.

وهو عمر قصير، إلا ان الكيميائيين الحيويين - ولصالح الكربون - حاولوا جهدهم لاستخدامه. فصمموا اختبارات يمكن إنجازها خلال ساعة. ولهذا بعض الحسنات. فإذا كان الاختبار ناجحاً، أمكن إعادته تكراراً تحت شروط متغيرة، من دون إضاعة تذكر في الوقت، ثم إن النظرير المشع القصير العمر ينتج إشعاعاً غزيراً (ولهذا السبب يقصر عمره)، وبالتالي، يمكن الاكتفاء بكمية ضئيلة جداً. ولكن مع ذلك، وعلى الرغم من إنجاز بعض الأعمال الناجحة بواسطة الكربون - 11، فإن فرص استخدامه كانت محدودة.

كان من المعروف ان الكربون - 14 يجب أن يكون موجوداً، وانه سيكون مشعاً. ومن بين أخف العناصر، هنالك نظير واحد مستقر بالنسبة إلى عدد مُعَيَّن من الهروتونات والنيوترونات في النواة. فالنتروجين - 14 (7 هروتونات و 7 نيوترونات) هو مستقر. وكذلك الكربون - 14 (6 هروتونات و 8 نيوترونات) كان لا بد مستقراً. كما كان من المتوقع أن يتفكك، بقذف الكترون واحد، وتحويل نيوترون إلى هروتون. وهذا ينتج النتروجين - 14.

كان النقاش الوحيد حول ما يمكن أن يكون العمر النصفى للكربون - 14. واعتقد الكيميائيون خلال الثلاثينات، أن عمره النصفى قد يكون بعض كسور الثانية. وجربوا تكراراً عزل بعض أشكال التفكك الإشعاعي التي يمكن أن تنسب إلى الكربون - 14، ولكنهم كانوا دائماً يفشلون. ومع كل فشل، كان يتأكد قَصْر عمر نصف الكربون - 14 أكثر فأكثر، وانه لهذا السبب لم يمكن عزله.

ثم في العام 1939، قام أحد الكيميائيين الحيويين، الكندي - الأميركي «مارتن ديفيد كامن» Martin David Kamen (1913 -) بمجهود مضني، لتحري كل تفاعل نووي يمكن أن يُنتج، احتمالاً، الكربون - 14، فاعتمد أنواعاً من الرجم، مستخدماً جسيمات السروتونات أو الدوتيرونات أو النيوترونات، لقصف ذرات البورون أو الكربون أو النتروجين.

بقيت النتائج سلبية حتى أوائل العام 1940. وعند ذلك قام «كامن» برجم الكربون، مستخدماً دوتيرونات ذات طاقة خاصة، فحصل على إشعاع ذري ضعيف ورافق الإشعاع الكربون في جميع تحولاته الكيميائية، وبالتالي كان يستلزم نظيراً للكربون.

ولإنتاج نظير كربوني، لا بد للدوتيرون من إضافة نيوترونه إلى نواة

الكربون، مع ترك بروتونه يذهب في سبيله. وإضافة نيوترون لن تُغيّر العنصر ولكن تزيد كتلته بقيمة 1. أي أن الكربون - 12، النظير المألوف، يتحول إلى كربون - 13 الذي هو مستقر أيضاً رغم كونه نادراً. إلا أن الكربون - 13 نفسه، يتحول إلى كربون - 14 مشع.

إذا كان الأمر كذلك، فمن الأفضل زيادة كمية الكربون - 13 في الكربون المعرض للرجم. وهذا ما كان. وعندما جرى رجم الكربون المشري بالدوتيرونات، ازداد الإشعاع كثيراً. وفي النهاية، تم الحصول على الكربون - 14 بمقادير كافية لدراسته، وأصيب عالم الكيمياء الحيوية بصدمة حقيقية: تبين أن الكربون - 14 ذو عمر نصفي من نحو 5730 سنة!

ومع الكربون - 14، يمكن إجراء الاختبارات لمدى الحياة إن أردنا، ولن تكون ثمة أي معضلة في التعامل مع الإشعاع. فهو لن يتلاشى، بل يبقى مستقراً في الواقع.

ولكن بقيت هنالك عقبة، حتى مع حلول الأربعينات. فالنظائر المشعة لا يمكن انتاجها إلا بكميات ضئيلة، وبالتالي فهي باهظة الثمن. ولكن، وحتى بعد اكتشاف الكربون - 14، كان العلماء يعملون على انشطار اليورانيوم. ومع نهاية الحرب العالمية الثانية، تم تصميم المفاعلات النووية.

والمفاعل النووي مصدر لاعداد وفيرة من النيوترونات البطيئة الناتجة عن انشطار ذرات اليورانيوم. وهذه النيوترونات البطيئة يسهل اقتناصها بواسطة ذرات من مختلف الأنواع، وبالتالي يتكوّن عناصر ذات رقم كتلي أكبر، أو انه يمكن امتصاص نيوترون واحد، وطرّد بروتون أو جسيم ألفا، بحيث يتكوّن نظير مشع لعنصر آخر. وبهذه الطريقة، يمكن تكوين نظائر مشعة ومفيدة، لأي من العناصر ذات الأهمية للكيمياء الحيوية، بما فيها الهيدروجين - 3 والكربون - 14. ودخل العمل على الدالّ [الإشعاعي] عصره الذهبي.

كان الكربون - 14، بالطبع، أهم النظائر المشعة الدالّة الاستشفافية. وقد جاء مثال على نجاحه في ما يتعلق بالتخليق الضوئي Photosynthesis، ولكن سأترك هذا الأمر إلى يوم آخر. وبدلاً منه، سأعالج في الفصل التالي، مظهرين آخرين مهمين للكربون - 14، لا يتعلّقان إطلاقاً بالعمل العادي على الدالّ.

العدو في الداخل

إن «لستر دل ري» Lester del Rey في القصة بين كتاب الخيال العلمي، وهو إلى ذلك محرر وناقد. إنه خير من اعرف، استقامة ونزاهة وذكاء، كما انه - ويسعدني قول هذا - واحد من أقدم أصدقائي. فقد عرفته منذ خمسة وأربعين عاماً.

وبالطبع، خلال هذه الفترة، ازدادت سنّه خمساً وأربعين سنة، فيما ازدادت سنّي شخصياً أربع أو خمس سنوات.

أما علاقتنا، فعلاقة خاصة مميزة، إذ ليس بيننا - عندما نكون وحدنا - سوى دفء المحبة والصدقة. ولكن ما أن يسطل شخص ثالث في الأفق، حتى تنقلب الأمور. فيكشر «لستر» عن أسنانه، ويشرع في مهاجمتي.

وكما قلت تكراراً، فإن «لستر» على استعداد لأن يهيني قميصه الذي عليه. ولكنني لن أنال منه كلمة لطيفة.

ولا أريد بالطبع أن يأخذ القارئ فكرة خاطئة: فأنا أرد التحية بأحسن منها. وأراني انتظر أن يقول لي ذات يوم: «خذ يا أسحاق، هذا قميصي الذي علي».

في هذه الحال، سأقول له - وأنا بفارغ الصبر: «قميصك الذي عليك؟

ومن ذا الذي يرغب فيه؟».

ما همّ. كنا منذ سنوات، نسجّل معاً مقابلةً تلفزيونية، وكنا، نحن الاثنين، نتحدث برقة، وبمتهى الذوق واللياقة، حتى لتخالنا جديرين بكل احترام.

ومع اقتراب نهاية البرنامج، التفتت إليّ المرأة الأنيقة التي كانت تجري المقابلة وقالت: «أفهم يا دكتور عظيموف إنك لا تركب الطائرة. ويبدو غريباً أن الذي يجوب بخياله أرجاء المجرة، لا يركب الطائرة. فلماذا يا ترى؟».

واتعبنى هذا السؤال. . . بيد أنني أجبت بطريقة مهذبة: «إنه بكل بساطة، خوف غير عقلاني».

عندها، هبّ «لستر» الذي كان يضبط نفسه طوال نصف ساعة، فقال: «بكلمة أخرى، هذا ما يُعرف بالجُبْن. . . أما أنا، فعلى استعداد للطيران في أي وقت».

فأجبت على الفور، وقد نسيت كلياً اننا على التلفزيون: «ذلك لأن حياتك لا تساوي «شيئاً» يا «لستر»».

وعلى هذا انتهى البرنامج، فشكرتنا المرأة الشابة بابتسامة عريضة. إلا إن موجة شعور بالاشمئزاز انتابتني، إذ وعيت بوضوح تام اننا سنكون على شاشة التلفزيون ذلك المساء. . . وان زوجتي العزيزة «جانيت» سوف تشاهدنا. وبالمصادفة، فهي مولعة جداً بـ «لستر». ورأيت من الأفضل - وبشيء من العصبية - أن أنقل إليها الخبر بدبلوماسية.

فطلبتها على الهاتف، وشرحت لها ما حدث.

وصاحت مرتاعة: «قلت هذا على «التلفزيون»؟» ثم راحت تبكي لأن لها قلباً أرقّ من فرو الشنشيلة^(*).

فطلبت «لستر»: «أرجوك يا «لستر»، قل لها إنك لم تغضب أو تكثرت!». وحاول «لستر» جهده، ولكنها لم تهدأ. وطوال اليوم التالي كانت ترمقني وتكرر: «قلت هذا على «التلفزيون»».

وبلغ بي اليأس أخيراً أن أبدت عذراً منطقياً: «إن «لستر» كان البادىء». فهزمتني بإحدى ملاحظاتها المنطقية: «ليس هذا عذراً!». .

(*) حيوان صغير كالسنجاب، ذو فرو ناعم - المترجم.

والآن، بعد أن سردت تلك الواقعة (كنت أتحدث للتوم مع «لستر» على الهاتف فتذكرتها)، من الأفضل أن أنساها. وسأتحدث عن الكربون - 14.

تحدثت حتى الآن، بشكل أو بآخر، عن المستشقات النظائرية في ثلاثة فصول متتالية، وسيكون هذا الرابع. تناولت في الفصل الثالث الاكتشاف غير المتوقع، بأن الكربون - 14 كان نظيراً مشعاً ذا عمر طويل. إذ يبلغ عمره النصفى 5730 عاماً.

وبما أن العمر النصفى بهذا الطول، وبما أن الكربون هو أكثر العناصر علاقة مركزية مع الحياة، نرى أن الكربون - 14، قد أصبح في الحال، أهم دالٍ استشفافي tracer في الكيمياء الحيوية.

ولكن إذا كان العمر النصفى كما هو عليه، فلن نجد اليوم أي كربون - 14 في البيئة الطبيعية، حتى مع طول العمر النصفى البالغ 5730 عاماً، بالمقارنة مع عمر الإنسان، أو حتى مع تاريخ الحضارة.

لقد اخترعت الكتابة قبل 3000 سنة من مولد المسيح. فإذا وُضع رطل (انكليزي)^(*) من الكربون - 14 تحت أول قطعة من الصلصال clay، حُفِرَ عليها كتابة مسمارية، وبقي الجسمان سالمين حتى يومنا هذا، لبقى نصف رطل من الكربون موجوداً إلى الآن.

على أن العمر النصفى هذا، ليس كبيراً إذا قورن بالعصور الجيولوجية. فلو كانت الكرة الأرضية بكاملها، كتلة صماء واحدة من الكربون - 14، لتفكك كل جزء منها حتى الذرة الأخيرة، في غضون مليون سنة. ولا تشكل السنوات المليون سوى 1/4600 من عمر الأرض. وإذا تكوّن الكربون - 14 بأي طريقة، قبل مليون سنة من الآن، فلن يبقى من النظر شيء حتى اليوم، أيّا كانت كميته المتواجدة.

ولا نعرف طريقة طبيعية لتكوّن الكربون - 14 في ماضي الأرض، لا تكون فعالة اليوم أيضاً. وبالتالي، فإذا لم نجد اليوم أي طريقة طبيعية لتكون الكربون - 14 على الأرض، فلن نجدها في أي زمن آخر، ولن يكون ثمة أي كربون - 14، إلا الكميات الضئيلة التي قد يستحدثها العلماء في المختبر.

(*) الرطل الإنكليزي (Pound) يساوي 453.6 / غراماً - المترجم.

ولكن ثمة كمية ضئيلة من الكربون - 14، «موجودة» في الطبيعة. وما ذلك إلا لأن بعض الطرق تقوم بصنعه «حالياً».

اقترح الكيميائي اللاتفياوي - الأميركي «أريستيد ف. غروس» Aristid V. Grosse (1905 -)، سنة 1934، ان الإشعاعات الكونية تتفاعل مع ذرات الطبقة الهوائية، فتحدث تفاعلات نووية قد تؤدي إلى انتاج نظائر مشعة، من دون تدخل الإنسان.

واثبتت التحريات آخر الأمر، انها كذلك. فجسيمات الإشعاع الكوني التي تدخل طبقات الجو العليا («الإشعاع الأولي») هي نوى الذرات المشحونة إيجابياً، وذات سرعة تقارب 99% من سرعة الضوء. كما أن تسعة أعشار هذه الجسيمات هي نوى الهيدروجين، أي مجرد بروتونات.

عاجلاً أم آجلاً، تصطدم البروتونات (وما يتناثر من النوى الأثقل وزناً) بالذرات، ويحدث ذلك بقوة، نتيجة لسرعاتها، فتتحرط النوى المستهدفة وتنتج جسيمات «الإشعاع الثانوي»، الأقل طاقة نسبياً من الإشعاع الأولي ولكنها مع ذلك ذات طاقة كافية، كما تكون النيوترونات بين جسيمات هذا الإشعاع الثانوي.

في كل لحظة تصطدم هذه النيوترونات بنواة نتروجين - 14 (المكوّن الرئيسي للطبقة الهوائية) فيطرد النيوترون أحد البروتونات خارج النواة ويستقر هو مكانه. وتتألف نواة النتروجين - 14 من 7 بروتونات و7 نيوترونات. فإذا خرج بروتون أثناء دخول نيوترون، تكون النتيجة نواة ذات 6 بروتونات و8 نيوترونات، وهي الكربون - 14. ولنُسَمِّ «الكربون - 14» راديوكربون، توخياً للسهولة. يندمج الراديوكربون فور تكوينه، مع الأكسجين، فينتج ثاني أكسيد الراديوكربون.

وبالطبع تتفكك أخيراً ذرات الكربون - 14 داخل ثاني أكسيد الراديوكربون. وفي داخل نواة الكربون - 14، يتحوّل نيوترون إلى بروتون، فينطلق جسيم بيتا (الالكترون سريع) وتعود النواة لتصبح من جديد نتروجين - 14. وفي سياق العملية، تنفصل نواة النتروجين عن الأكسجين، لنعود إلى حيث كنا قبل وقوع الإشعاع الكوني.

ولكن في هذا الوقت، تقوم جسيمات الإشعاع الكوني بانتاج المزيد من النيوترونات التي تُحوّل بدورها المزيد من النتروجين - 14 إلى كربون - 14.

فنصل إلى توازن يتم فيه تكوّن ذرات الكربون - 14، بمقدار ما يتلاشى منها. ويبقى مجموع ذرات الكربون - 14 في الطبقة الجوية (على شكل ثاني أكسيد الراديوكربون) ثابتاً كما هو.

ومع أن مقدار توازن الكربون - 14 في الجو صغير جداً، إلا أن الإشعاع سهل الاكتشاف، ويمكن بالتالي قياس هذا المقدار. ويبدو أن ذرة كربون واحدة من كل 540 مليار ذرة في الطبقة الهوائية، هي الكربون - 14.

يبدو هذا ضئيلاً بالطبع. إلا أن جو الأرض كبير. فحتى مع أن الجزء القليل منه، هو ثاني أكسيد الكربون، وإن جزءاً واحداً من ثاني أكسيد الكربون هو الكربون، ومع أنه نادراً ما تكون ذرة الكربون، كربون - 14، فهناك رغم كل هذا، حوالي 1300 كلغ (أي طن ونصف الطن تقريباً) من الكربون - 14 في جو الأرض.

وليس كل ما تحويه الأرض من كربون - 14 موجوداً في الطبقة الهوائية. فبعض من ثاني أكسيد الكربون مذاب في المحيطات، ومعه بعض من ثاني أكسيد الراديوكربون أيضاً.

والأكثر من ذلك، إن النباتات تمتص ثاني أكسيد الكربون كمادة خام تدخل في بناء أنسجتها. وبالطبع، فهي تمتص ثاني أكسيد الراديوكربون مع ثاني أكسيد الكربون العادي، ما دامت الخصائص الكيميائية للكربون - 14، مماثلة لخصائص الكربون - 12 والكربون - 13 الثابتين.

ثم إن الحيوانات تأكل النبات، فتدخل مكوناتها في أنسجتها الخاصة، بما فيها أي كربون متواجد. وفي النهاية، نجد الكربون - 14 في سائر أشكال الحياة بدون استثناء.

يتفكك الكربون - 14 ببطء داخل الأنسجة الحية، إلا أن ذرات كربون - 14 جديدة، تدخل كذلك ببطء من جو الأرض (في حال النبات) أو من الغذاء (في حال الحيوانات)، ولهذا السبب يبقى تركيز الكربون - 14 في الأنسجة الحية، ثابتاً - ما دامت حية على الأقل.

ولكن عندما يموت الكائن الحي، يتوقف امتصاصه لأي كربون - 14، سواء من الجو أو من الغذاء. فيبقى على ما كان في أنسجته من كربون - 14 عند موته. ويتفكك هذا الكربون - 14 حكماً وببطء.

ونعرف على وجه الدقة وتيرة تفكك الكربون - 14، ويمكننا اكتشاف

جسميات بيتا التي ينتجها، والتعرف إليها. فمن إحصاء عددها، نعرف مقدار الكربون - 14 في نموذج معين من بقايا ما كان كائناً حياً. وبمقارنة هذا المقدار مع محتوى المواد الحية، يمكننا حساب فترة تفكك الكربون - 14، وبالتالي الوقت الذي مضى على موت الكائن الحي (أو المادة الميتة).

ولكن هذا بالطبع، لا يُجدي عندما تؤكل المواد الميتة، ويمتصّ أكلها الكربون - 14 في أنسجته (قد يكون الأكل أي حيّ، من الحوت الأزرق إلى بكتيريا التحلل). إلا أن ثمة بقايا ميتة تبقى سليمة على مدى آلاف السنين، كالأخشاب القديمة، وفحم نيران المخيمات البائدة، والأقمشة البالية، وبقايا الأصداف البحرية، وغيرها.

سنة 1946، اقترح الكيميائي الأميركي «ويلارد فرانك ليبى» Willard Frank Libby (1908 -)، استخدام الكربون - 14، لمعرفة تاريخ مثل هذه الأشياء، وحقق التقنيات الضرورية لذلك، فنال بالنتيجة جائزة نوبل في الكيمياء سنة 1960.

ليست عملية التأريخ بواسطة الراديوكربون عملية سهلة. فإذا أخذنا اليوم كمية من الأخشاب الحالية، نحصل على 13 جسيماً ضعيف الطاقة في الدقيقة، من جسميات بيتا، وذلك لكل غرام واحد من الكربون الذي تحويه. فإذا كان قد مر عليه خمسة آلاف سنة، فقد نحصل على سبعة في الدقيقة. ولا بد من الاهتمام إلى جسيمات بيتا هذه، رغم الإشعاعات المختلفة في البيئة «غير الصادرة» عن الكربون - 14. وهذا يستوجب إحاطة الجهاز العداد بحواجز مدروسة.

ويمكن تحديد دقة التقنية هذه، باستنتاج عمر الأخشاب من القبور المصرية، ومقارنته بالعمر الذي تحدده الأدلة التاريخية. وعلى الرغم من أن التأريخ بالراديوكربون أقل دقة من الأدلة التاريخية، فالنتيجة لا تُعتبر سيئة.

قد يُظنّ أنه ما دام الاستدلال التاريخي أكثر دقة من التأريخ الراديوكربوني، فإننا لا نحتاج إلى الأخير - ولكن الآثار المصرية لا ترجع بنا إلى أكثر من خمسة آلاف سنة مضت. وقبل ذلك، تمتد فترة ما قبل التاريخ الطويلة، حيث التأريخ العادي بالغ الغموض فعلاً، أما التأريخ الراديوكربوني، فيبقى دقيقاً إلى حد معقول، كما يمكن في الواقع أن يعود بنا إلى سبعين ألف سنة خلت. لقد اعتمد التأريخ الراديوكربوني لإعطاء فكرة عن تاريخ دخول أول إنسان

إلى القارة الأميركية مثلاً، وعن تاريخ الانحسار الجليدي الأخير. كان الاستنتاج في الواقع ان آخر انحسار للجليد ربما حصل قبل 25 ألف سنة؛ إلا أن معطيات الراديوكربون عن نماذج من الأخشاب البالية، تشير إلى ان ذلك لم يحدث إلا منذ 10 آلاف سنة.

فكيف، والحالة هذه، يمكننا التأكد من أن التأريخ الراديوكربوني دقيق؟ هل هنالك مصادر للخطأ؟.

مع الافتراض ان معدل تلاشي الكربون - 14 ثابت على الدهر (كما هي قناة الفيزيائيين)، يكون ثمة مصدر للخطأ: هو التجزئة. فالكربون - 14 أكبر كتلة من الكربون - 12، بنسبة 4.5٪. وهو عندما يخضع لنفس التفاعلات الكيميائية كالكربون - 12، يكون تفاعله أبطأ. وهذا يعني اننا إذا أخذنا مقداراً من الكربون، وسمحنّا لنصف هذا المقدار بالتفاعل على نحو ما، فسيكون النصف المتفاعل أغنى بالكربون - 12 وأفقر بالكربون - 14 من النصف غير المتفاعل. ولا بد من أخذ تأثيرات مثل هذه التجزئة بالاعتبار - وهذا ما حصل.

ثمة ضرب من الخطأ، أشدّ إثارة للقلق، يتعلق بتكوّن الكربون - 14 أول الأمر. فكيف يمكننا الافتراض بأن سقوط جسيمات الإشعاع الكوني ثابت منتظم على الدوام؟ أفلا يمكن أن يتغيّر أو يختلف عدد الجسيمات المنهمرة على جو الأرض، مع مرّ السنين؟.

قد ينفجر مستعر عملاق (^(*)Supernova) بشكل دوري، على بعد مئات قليلة من السنين الضوئية عن الأرض. أفلا يعني هذا أن يغمر الأرض دفق مؤقت من جسيمات الإشعاع الكوني الإضافية؟.

إلى ذلك، فالتغيرات في قوة الحقل المغنطيسي للأرض قد تتسبب في صدّ جسيمات الإشعاع الكوني بفعالية متفاوتة. وقد عرفنا ان قوة الحقل المغنطيسي تتغيّر «فعلاً» بشكل كبير عبر السنين.

قد نخلص إلى فكرة ما حول تغيرات الإشعاع الكوني ومعدّل تكوّن الكربون - 14، من دراسة مختلف الحلقات في جذوع الأشجار القديمة، وهذا ما يساعد على إدخال تلك التغيرات في حساباتنا.

إلا أن الأحداث الكونية كالمستعرات العملاقة، وتغيرات الحقل

(*) المستعر أو المستعر، نجم ينفجر فيتعاظم ضياؤه فجأة، ثم يخبو بعد فترة عدة أشهر أو سنوات - المترجم.

المغناطيسي للكواكب، ليس كل ما يثير الشكوك. فالنشاط البشري - صدّق أو لا تصدّق! - يؤدي إلى ذلك أيضاً. على مدى عقدين بعد الحرب العالمية الثانية، أجريت تجارب للقنابل النووية في الجو، نتج عنها إطلاق أعداد كبيرة من النيوترونات في الهواء، مما أدى إلى تكوين كمية من الكربون - 14، تكفي لزيادة مجموعها زيادة كبيرة - وهنا تكمن الحكاية.

فلنتساءل افتراضاً: إلى أي مدى يتأثر الجسم البشري بالإشعاع الذري في البيئة. هنالك كميات ضئيلة من اليورانيوم والثوريوم في الصخور والتربة من حولنا؛ وفي الآجرّ والحجارة التي بها نبنى منازلنا، وما شابه ذلك. والواقع أن اليورانيوم والثوريوم، يُنتجان في انحلالهما، مقادير صغيرة جداً من الغاز المشع، الرادون radon؛ ويزداد قلق الناس في هذه الأيام، من تراكم الرادون في الهواء داخل المنازل، خصوصاً وإننا الآن جادون في عزل المنازل حفاظاً على الدفء، وبذلك نخفف من التهوية التي يمكن أن تطرد الرادون إلى الجو، بعيداً عن مساكننا.

بالإضافة، هنالك الوقع(*) المتواصل لجسيمات الأشعة الكونية والإشعاعات الثانوية التي تسببها، والتي تخترق أجسامنا باستمرار على مدى الحياة.

إن كل هذا الإشعاع الناشط، يمكنه تمزيق الجزيئات داخل أجسادنا، مما يسبب بشكل دوري، تحولات قد تظهر في حالاتها القصوى على صورة نشوء السرطان والعاهات الولادية.

إلا أن الإنسانية (وكل حياة) كانت عرضة لهذا طوال تاريخها، والتأثيرات المدمرة لمثل هذا الإشعاع الخارجي هي أقل من تأثيراتها البناءة - ما دامت الحاجة إلى مستوى معيّن من التحولات، إذا كان للتطور أن يجري بمعدل معقول. فبدون الإشعاع الذي قد يولّد السرطان القاتل أو العاهات الولادية عَرَضياً، لن يكون لنا وجود البتة. . . وهكذا، فلا بد لنا من دفع الثمن.

إلى ذلك، فالإشعاع الخارجي ليس سيئاً بالقدر الذي نتوهم. فباختراقه ومروره عبر أجسادنا، لا يُتاج لهذا الإشعاع سوى إمكانية ضئيلة جداً في أحد

(*) الصدمات الخفيفة المستمرة - المترجم.

الجزئيات الذي قد يسبب تمزقه تحولاً. ففي أغلب الأحيان - بل في أكثرها على الإطلاق - يُستهلك هذا الإشعاع في جزئيات الماء وفي غيرها من مكونات الجسد، ذات الحساسية المعدومة نسبياً.

ولكن ليس كل الإشعاع خارجياً. فالجسم البشري نفسه مشعٌ.. وثمة عدو في الداخل!.

يتألف الجسد من عناصر مختلفة، بعضها يحوي عناصر مشعة، طبيعية التكوين. من هذه العناصر، البوتاسيوم، وهو أحد مكونات الجسد، ذات الأهمية الجوهرية. ونجد في الطبيعة (وفي أجسامنا) ثلاثة نظائر للبوتاسيوم: البوتاسيوم - 39، والبوتاسيوم - 40 والبوتاسيوم - 41؛ وأندرها، البوتاسيوم - 40، إذ نجد منه ذرة واحد بين كل 8400 ذرة بوتاسيوم. إلا إن إشعاع هذا البوتاسيوم - 40 ضئيل جداً ويبلغ عمره النصفى 1.3 مليار سنة وهو بالتالي يطلق جسيمات بيتا باستمرار.

وفي الجسم البشري 0.01% بوتاسيوم، بحيث يحتوي جسم الإنسان الذي يزيد وزنه عن 70 كلف، 700 غرام من البوتاسيوم، وبالتالي 83 مليغراماً من البوتاسيوم - 40. وبإمكاننا حساب عدد ذرات البوتاسيوم - 40 في 83 مليغراماً؛ وفي العمر النصفى يمكننا حساب عدد ما يتفكك من هذه الذرات، وما يُطلق من جسيمات بيتا في كل ثانية: والجواب هو 1900 في الثانية.

جسيمات بيتا هذه، تمزق الذرات والجزئيات فتحدث أضراراً. ولكن الجسم البشري يحتوي على 50 تريليوناً من الخلايا. وبالمتوسط، فإن الخلية الواحدة منها، تتعرض لتأثير جسيم واحد من جسيمات بيتا التي يطلقها البوتاسيوم - 40، مرة كل سنة، علماً بأن جسيم بيتا هذا، عادة ما تنصرف طاقته في اتجاهات غير مؤذية.

وفي الحساب الواقعي، يتعرض الجسم البشري لإشعاع البوتاسيوم - 40، بمقدار يعادل في أهميته درجة الإشعاع الكوني. وما دما نعيش مع الإشعاع الكوني، يمكننا كذلك أن نعيش مع البوتاسيوم - 40.

ولسنا نجد لأي عنصر آخر ضروري لوظائف الجسم، نظيراً طبيعياً مشعاً، ذا عمرٍ نصفى طويل. بيد أن لكلٍ من عنصرين اثنين، نظيراً مشعاً قصير

العمر، لا يتواجد إلا لكونه ينتج باستمرار عن الإشعاع الكوني . أحدهما، بالطبع، هو الكربون - 14 والآخر هو الهيدروجين - 3 (تريتيوم).

سنة 1947، بيّن «ليبي» ان الإشعاع الكوني يُولّد الهيدروجين - 3 الذي يتواجد بالتالي في الطبيعة بكميات ضئيلة. ويبلغ العمر النصفى للهيدروجين - 3، 12.26 سنة، أي $1/460$ فقط من العمر النصفى للكربون - 14. وهو إذن أسرع إلى التلاشي نسبياً، بحيث تكون درجة تركيزه في الطبقة الهوائية (وبالتالي في النباتات، وبالتالى في أجسامنا) أقل بكثير من درجة تركيز الكربون - 14.

في الهيدروجين المتواجد طبيعياً، لا نجد سوى ذرة واحدة من الهيدروجين - 3 مقابل كل مليار مليار ذرة. وفي الجسم البشري 0.12% هيدروجين، وهذا لا يشكل سوى 8.4 أجزاء من الكوادريليون(*) من الغرام، هيدروجين - 3، وهي كمية تافهة لا تذكر. ويتفكك الهيدروجين - 3 ثلاث مرات في الثانية داخل الجسم ككل، وهذا يمكن إغفاله لأنه تافه جداً.

نبقى مع الكربون - 14. ففي الجسم البشري 0.15% من الكربون، أي 10.5 كلف كربون في الجسم الذي يزن 70 كلف. وبما اننا لا نجد سوى ذرة كربون - 14 واحدة بين كل 540 مليار ذرة كربون، فإن الجسم يحتوي على 190 جزءاً من المليون من الغرام، كربون - 14. وانطلاقاً من عمر النصف لهذا الأخير، نرى في الحساب ان عدد جسيمات بيتا الناتجة عن الكربون - 14 في كل ثانية هو 3100.

هذا يعني ان مجموع جسيمات بيتا المتولدة في جسم إنسان يزن 70 كلف، هو 22100 في الثانية، منها 86% ناتجة عن البوتاسيوم - 40، و 14% ناتجة عن الكربون - 14 و 0.00014% عن الهيدروجين - 3.

بما أنني استنتجت ان البوتاسيوم - 40 لا يتواجد في الجسم بكمية تكفي لاعتباره أشد خطراً من رجم الإشعاع الكوني، فقد يبدو من الممكن إهمال الكربون - 14 وكذلك الهيدروجين - 3. وطّي الموضوع. ولكن مهلاً! ولنعاود من جديد.

(*) الكوادريليون يساوي 1 000 000 000 000 000 (في أميركا وفرنسا). ويساوي 1 000 000 000 000 000 000 (في ألمانيا وبريطانيا) - والمقصود هنا الرقم الأميركي - المترجم.

إن أجزاء الجسم المختلفة لا تُعتبر حيوية بنسبة واحدة. فرصاصة في الكتف أو في القدم، ليست بالطبع أمراً ساراً، ولكنها في الغالب لا تقتل. أما الرصاصة في الدماغ أو في القلب، فتقتل على الفور.

وبالطريقة عينها، فالجسيم ذو الطاقة الذي يخترق إحدى الخلايا، قد يصيب عدداً من جزيئات الماء أو الدهن أو النشاء، فلا يسبب أضراراً يتعذر إصلاحها. إما إذا أصاب جزيء DNA^(*) فقد يكون الضرر فادحاً لأن هذا الجزيء يضبط قسماً حيوياً من آلية الخلية. وقد يسبب ذلك تحولاً «يمكن» أن يؤدي إلى السرطان أو إلى العاهات الولادية.

إلا أن كتلة جزيئات الـ DNA في الخلايا تشكل 1/400 من مجموع كتلة الخلية، بحيث لا تصيب الجسيمات المنهمرة عشوائياً على الخلية، جزيء DNA في الغالب، بل تصرف طاقاتها (شأن الرصاصة في الكتف) نحو تغيرات غير مهمة نسبياً. وهذا صحيح حتى في الحال التي يكون فيها الجسيم ناتجاً عن بعض التفكك داخل الجسم.

بكلمة أخرى، فإن معظم الإشعاعات الناتجة داخل الجسم، لا يختلف كثيراً في تأثيره عن الإشعاعات الآتية من خارجه، إلا إذا كانت الذرة المشعة موجودة فعلاً داخل جزيء DNA نفسه، حيث يكون العدو في الداخل.

من وجهة النظر هذه، يُلغى البوتاسيوم - 40 إذ لا وجود للبوتاسيوم داخل جزيء DNA. إلا أن فيه ذرات من الكربون والهيدروجين، وبالتالي فلا بد من تواجد الكربون - 14 والهيدروجين - 3 بمقدار ما.

من هذين الاثنين، لا تتفكك ذرات الهيدروجين - 3 إلا بنسبة واحد من الألف، مقارنة مع الكربون - 14، الأكثر تواجداً بكثير. ولهذا فإننا نحذف الهيدروجين - 3، كونه تافه الكمية، ونركز على الكربون - 14.

في كل مرة تتفكك ذرة كربون - 14، تتحول إلى ذرة نتروجين - 14. وهذا التحول من الكربون إلى النتروجين، يُغيّر طبيعة جزيء DNA الكيميائية، مما يحدث - بحد ذاته - تحولاً يصعب تحديد مدى خطره بالضبط، ولكن عندما تقذف ذرة الكربون - 14 جسيم بيتا، يصبح التغير الكيميائي أقل تأثيراتها، فهناك ارتداد (انتكاص) قد يدفع الكربون - 14 المنفجر إلى تمزيق الروابط التي

(*) الحمض الريبي النووي منقوص الأكسجين deoxyribonucleic acid - المترجم.

تشده إلى جيرانه. بكلمة أخرى، ينشطر جُزئيء DNA إلى شطرين، وهذا يشكل نوعاً محتملاً من التحول الخطر.

لنفرض أننا حسبنا عدد ذرات الكربون داخل جزيئات DNA في الخلية، ثم عدد ذرات الكربون - 14 منها. لقد قمت بذلك على وجه تقريبي، ويدولي ان هنالك ذرة واحدة من الكربون - 14 لكل 20 خلية، وتفككاً واحداً في السنة لكل 24000 خلية.

قد يبدو هذا ضئيلاً، ولكن لا تنسَ أن في الجسم 50 تريليون خلية، بحيث ننتهي إلى حوالي 6 تفككات للكربون - 14 في مختلف جزيئات DNA لجسم إنسان يزن 70 كلغ، «كل ثانية».

ما هي 6 تفككات في الثانية؟ قد يقال: لا شيء يذكر. ولو انها تفككات عادية مع إطلاق جسيمات سريعة تخترق الخلية عشوائياً، لكان ذلك صحيحاً. أما في هذه الحال، «فكل تفكك واحد، يسبب تحولاً في نفس اللحظة».

يمكن بالطبع ان لا تكون هذه التحولات جميعها مؤذية. وقد يسبب أحد التحولات العنيفة، موت خلية يمكن استبدالها فيما بعد.

إلا أن بعض الخلايا التي تموت بهذا الشكل (خصوصاً خلايا الأعصاب والدماغ) قد لا يتسنى استبدالها، كما أن بعض التحولات قد لا يقتل الخلية، بل يجعلها سرطانية. ويمكن القول إن التحولات المهمة في سائر الأجسام الحية ناتجة بشكل رئيسي (ولو غير كامل بالطبع) عن الكربون - 14 المتواجد داخل جزيئات DNA، وأن تأثير الإشعاع الكوني مثلاً، يتوقف على ما يُولّده من ذرات الكربون - 14.

كنت أشرت أولاً إلى خطر الكربون - 14 داخل جزيئات DNA، في مقال قصير تحت عنوان «الإشعاع الذري للجسم البشري»، عدد شباط/فبراير 1955 من «مجلة تعليم الكيمياء» (*). (أجل، لقد كتبت مقالات لمجلات التعليم في بداية الخمسينات وصادف ان كان هذا آخرها).

واعتقد أنني على الأرجح كنت الأول على ما يخيل لي، الذي يقوم بذلك. قد يكون «ويلارد ليببي» Willard Libby سبقني إلى ذلك بأشهر قليلة، غير إنني لست متأكداً من هذا؛ وبكل حال، فأنا لم أكن مطلعاً على

أعماله يوم كتبت المقال .

جاء في المقطع الأخير من مقالي : «على ضوء هذا، تجدر ملاحظة ما إذا كانت وجبة ذات مقدار عالٍ من الكربون - 14 تزيد من معدل التحولات عند حيوان مثل ذبابة الندى (*Drosophila*)، أو من معدل تكوّن التدرّجات لدى سلالات الفئران ذات الميول السرطانية، وما إذا كانت هنالك علاقة متبادلة بين زيادة (في حال الزيادة) نشوء التحول أو نشوء السرطان، وبين زيادة (في حال الزيادة) الكربون - 14 في المورثات» .

لا أدري ما إذا جرت مثل هذه الاختبارات . وبالتأكيد، لم يكن لديّ التدريب الكافي ولا التجهيزات كي أقوم بها بنفسي . كما أنني كنت أجهل، يوم كتبت المقال، أن تجارب القنابل النووية في الجو، كانت تسبب زيادة ملموسة في تواجد الكربون - 14 داخل طبقة الجو الهوائية .

غير أن «لينوس پاولنغ» (Linus Pauling) كان على علم بهذه الزيادة، وتنبه إلى أهميتها فيما بعد (أمل أن يكون مقالي في *The Journal of Chemical Education* وهي المجلة التي قال لي مؤخراً أنه يقرأها بانتظام، قد أسهم في ذلك) . لقد بدأ على الفور حملة لإقناع قادة العالم والجمهور، بأن كل تجربة تفجير نووي في الجو، تزيد من إصابات السرطان المختلفة ومن العاهات الولادية، بسبب تزايد الكربون - 14 في الجو، وبالتالي في المورثات *genes* .

كانت حججه وبراهينه على هذا النحو، هي التي أدّت - أكثر من أي شيء آخر - إلى معاهدة حظر التجارب عام 1963، وإلى وقف التفجيرات النووية في الجو .

وأراني فخوراً بهذا . كان دوري الشخصي ضئيلاً و«مجهرياً»، وأقر بكل الفضل للبروفسور «پاولنغ» . ولكن من بين سائر الأفكار القيمة التي كانت لي في حياتي - وقد كان لي منها القليل - اعتقد أن هذه كانت أفضلها .

حامل النور

بالأمس، طلب مني أحد الصحفيين السوفيات، حديثاً أمام عدسة التلفاز. ويسألني السوفيات، كما ترون، من حين لآخر، لأن خيالي العلمي يتمتع بشعبية في الاتحاد السوفياتي، ولأنني ولدت هناك.

كانت الأسئلة عادة تتناول مواضيع السلام والمحبة والتعاون بين الأمم، فكنت أؤكد لهم دوماً انني من انصار هذا الثالث، وأطلق لبلاغتي العنان في التحدث عن هذه المواضيع. ولكني بالأمس، سُئلت عن موضوع الخيال العلمي، وعن نفسي. وكما يمكن أن تتصوروا، فإن طرح الحديث عن شخصي بالذات - وهو أحب شيء إليّ إطلاقاً - جعل عيني تتوهجان بأنوار علوية.. وبلاغتي تسمو إلى مستويات رفيعة لا تُصدّق!.

عندما جاء وقت تحدثي عن الرُّبُوطِيَّات^(*) robotics، توقفت فجأة وقلت: «أتعرف إنني اخترعت الكلمة؟» فبدت الدهشة والإعجاب على وجه محدثي، ومضيت في سرد التفاصيل.

فكرت بالأمر فيما بعد. لقد بلغ حماسي في ادعاء الفضل - الذي هو

(*) أي ما يتعلق بما شاعت تسميته الإنسان الآلي، أي الرُّبُوط robot - المترجم.

لي - حداثاً جعلني أسعى إلى تسجيل اختراعي في القواميس الأميركية - والآن، أراني أنشر هذا المدّ المفرح في طول الاتحاد السوفياتي وعرضه. ولكن، هل يعتبر هذا إنصافاً؟.

تذكروا كبار المكتشفين الذين ضاعت أسماؤهم إلى الأبد، لعدم وجود وسائل الاتصال الحديثة بتصرفهم. لا بد أن أحداً قد اخترع العجلة (الدولاب) ولكن أتى كان له أن يثبت أو يحتفظ بالخبر الكبير الذي صنعه.

لا أحد يعرف من هو أول من روّض النار، أو أول من توصل إلى طريقه إذابة النحاس من الصخور الزرقاء، أو أول من خطرت له فكرة ربط الماعز، وسرقة حليها، أو أول من قال: «لَمْ لا نزرع الحبوب ونعتني بها صيفاً، ليكون لدينا فيض من الغذاء في الشتاء؟» حيال هذا، يبدو من المخجل أن أكون في وضع من يجبر العالم أجمع على التذكّر بأني صنعت كلمة..

بالطبع، من بين سلسلة اختراعات مشابهة، لا بد وان يأتي وقت يتذكر الناس فيه اسم مكتشف حقيقي. مثلاً، من كان أول شخص معروف يكتشف عنصراً كيميائياً؟ ماذا كان العنصر، ومتى تم اكتشافه؟. سأبدأ، كالعادة، من البداية.

بين أكثر من مئة عنصر [108 حتى اليوم]، تسعة منها على الأقل، كانت معروفة حتى في العصور القديمة. لم تكن معروفة كعناصر (أي المواد الأساسية المختلفة التي يتألف منها الكون على المستوى الذري) حينذاك، لأنه كان للأقدمين مفاهيمهم - الخاطئة - عن طبيعة العناصر. ولكن دعنا من هذا.

سبعة من العناصر التي عرفت قديماً، كانت من المعادن. وقد تم التعرف إليها لأنها كانت تتواجد ولو بكميات صغيرة على شكل عنصر نقي إلى حد معقول ولأن هذا الشكل العنصري يمكن التعرف إليه بسهولة.

وهكذا، فإن حدث وعثر أحدهم على كتلة من الذهب الخام، فإنه (أو إنها) قد يتنبه على الفور لشيء أصفر لامع، يختلف كثيراً عن الأحجار الصخرية الأخرى. وبالإضافة إلى مظهره، فسيكون أثقل بكثير من الحجارة التي هي بحجمه. وإذا طرق بفأس حجرية، فإنه لا يتشظى أو يتكسر، بل يتغير شكله. وبسبب جمال مظهره وسهولة تكيفه، ليس غريباً أن نجد داخل قبور ما قبل التاريخ في مصر وفي بلاد ما بين النهرين، حلياً مصنوعة من الذهب.

كان الذهب مرغوباً بسبب مزاياه. ولأنه واحد من أندر العناصر، فإن المكتشف منه كان قليلاً، وبالتالي ذا قيمة. كذلك كانت مواد أخرى مرغوبة، فكلمة «معدن» جاءت من اليونانية بمعنى «مرغوب».

قد تكون الفضة أكثر تواجداً من الذهب بعشرين مرة، ولكنها أنشط منه كيميائياً، وبالتالي يحتمل أن يكثر تواجدها متفاعلة مع عناصر أخرى تدعى الركاز أو الخامات Ores. هذه الخامات، تفتقر إلى خواص المعادن وتبدو كثيرة الشبه بالصخور العادية. وهكذا اكتشفت خامات الفضة بعد اكتشاف خامات الذهب، ومع ذلك فقد عُرفت في عصور ما قبل التاريخ.

بعد ذلك، عندما تعلم الإنسان كيف يفصل المعدن عن خامته، بصهر هذه الأخيرة في النار تحت شروط ملائمة، أصبحت الفضة أكثر شيوعاً من الذهب.

ربما كان النحاس أكثر شيوعاً من الفضة بـ 450 مرة وبـ 9000 مرة من الذهب. وحتى مع كونه أنشط كيميائياً من كليهما، فالنحاس قد يتواجد بوفرة محدودة على شكله الطبيعي كعنصر. ومن المعقول أن يكون النحاس قد استعمل للزينة، وحتى قبل الذهب. وعندما اهتدي إلى تنقية النحاس بالصهر، أمكن استخدامه على نطاق واسع في الأدوات والأسلحة.

الحديد واحد من أكثر العناصر شيوعاً - يفوق النحاس بألف مرة - إلا أن نشاطه الكيميائي كبير بحيث يتواجد دوماً في خامته، لا كعنصر صرف على الإطلاق. كما أن تنقية خامة الحديد بالصهر، أصعب بكثير من تنقية خامات الفضة أو النحاس. وفي الواقع، لم يهتد الإنسان إلى طريقة عملية لاستخراج الحديد من خامته إلا في عهد الحثيين (عام 1500 ق. م.).

غیر أن الحديد كمعدن، يسقط كذلك من السماء على شكل رُجْمٍ أو نيازك meteorites. ويفضل هذه النيازك، عُرف الحديد بشكله العنصري حتى قبل التاريخ.

وشيوع الرصاص لا يكاد يبلغ شيوع النحاس، إلا أنه سهل الاستخراج من خامته. فخلال صهر الخامات للحصول على الفضة والنحاس، كانت أي خامة رصاصية تلقى في المصهر، تنتج الرصاص.

والرصاص أربد قبيح المنظر، بقدر ما هو الذهب لماع وجميل. ولذلك كان الذهب «المعدن النبيل» بامتياز، والرصاص مثلاً «للمعدن الخسيس»

ولكن للرصاص قيمته أيضاً. فمن جهة كان المادة الأثقل وزناً بين ما عرفه الأقدمون عدا الذهب. فإذا ما أراد أحدهم شيئاً صغير الحجم ثقيل الوزن، ولا يتسنى له الذهب، اعتمد الرصاص، كثاني الأفضل. ومن جهة أخرى، فالرصاص شديد الليون، تسهل قبولته وتكييفه في أنابيب لنقل المياه. وقد حلت هذه الأنابيب آخر الأمر، محل الأنابيب المصنوعة من الطفل أو الصلصال والتي تتكسر بسهولة. واشتُقَّت كلمة «سمكري» Plumber بالإنكليزية من اللاتينية التي تعني الرصاص.

كان اكتشاف القصدير على الأرجح، عن طريق غير مباشرة. فخامات النحاس التي تنتج المعدن نقياً بشكل نسبي، كانت تنتج كذلك معدناً شديد الليونة لا يصلح للاستعمال في الأدوات والأسلحة والدروع. ولكن إذا أضيفت إلى خامة النحاس خامة أخرى، ينتج عن ذلك خليط معدني أشد صلابة من النحاس نفسه. هذا الخليط يدعى «البرونز»، والمعدن المجهول المضاف هو القصدير. كان أبطال حرب طروادة يستعملون البرونز في التروس والدروع ورؤوس الحراب. وهم عاشوا في «عصر البرونز» الذي تلا «العصر الحجري»، ثم تبعه «عصر الحديد» فيما بعد.

لقد أمكن استخراج القصدير من خامته ثم مزجه (صهره) مع النحاس بمقادير توازن بين الجودة والكلفة على الوجه الأمثل. ومع ذلك فالقصدير أقل شيوعاً من النحاس بـ 15 مرة. وقد استنفدت مناجم القصدير في مناطق البحر المتوسط بشكل مبكر (كان ذلك أول نفاد وانقطاع لمصدر حيوي في التاريخ). ثم اقتحم الفينيقيون المحيط الأطلسي للعثور على خامات القصدير في «جزر القصدير» (ما يعادل مقاطعة «كورنوال» Cornwall) وتحقيق الثراء بفضل ذلك. كان الزئبق آخر ما اكتشف من المعادن القديمة، وهو مرموق بفضل كونه سائلاً.

وبالإضافة إلى هذه المعادن السبعة، هنالك مادتان غير معدنيتين تتواجدان بشكل ملحوظ جداً، كعنصرين طبيعيين. أحدهما هو الكبريت ذو اللون الأصفر البين، ولكن من دون اللمعة المعدنية الجميلة التي نجدها في الذهب. وبالطبع، فقد عرفه الإنسان منذ العصور القديمة.

إن أهم ما يُلَفَت في الكبريت، كونه يحترق. ولا بد أن يلاحظ ذلك، إذا ما أشعلنا نار مخيم على مقربة من بعض الكبريت. فجميع الوقود التي كانت

معروفة لدى الأقدمين، مشتقة من أشياء حيّة، كالأخشاب والزيوت، الخ. كان الكبريت المادة الوحيدة التي تشتعل مباشرة، ولا علاقة لها بالأحياء، ولذلك سمي مثلاً بما يعني «الحجر المحترق» burnstone، وحُور بالإنكليزية إلى brimstone أي «حجر الكبريت».

واشتعال الكبريت ملفت للنظر، لا لأنه يحترق مع لهب أزرق غريب وحسب، بل كذلك لأنه يُطلق غازاً مثيراً مهيجاً لا يُحتمل، أثناء احتراقه. كان هذا بالإضافة إلى الرائحة الحادة في جوار البراكين النشطة، وراء المفهوم الذي نشأ حول سعيّ في جوف الأرض لا تخمد ناره، مع وجود الكبريت الكريه كوقود أساسي فيه (ومن هنا كلمة «نار وكبريت»).

وأخيراً، هنالك الكربون، فأى نار تُضرم قرب صخرة أو في كهف، تترك راسباً من السُخام الأسود، هو في الواقع من الكربون الصافي. ثم لو أحرقت كومة من الحطب تحد من وصول الهواء إليها، فإن الحطب داخل الكومة لن يحترق بشكل كامل، بل يتحول إلى مادة سوداء، إذا أُشعلت في شروط توفّر لها الهواء الكافي، تحترق مع القليل من اللهب ولكن مع توليد حرارة أعلى بكثير من حرارة احتراق الحطب الأولي. هذه المادة السوداء هي الفحم [النباتي] وهي أيضاً من الكربون الصافي.

والواضح ان الإنسان القديم كان على علم بوجود السخام والفحم.

بالإضافة إلى هذه العناصر التسعة، كان هنالك العديد من العناصر الأخرى التي تم عزلها، على الأقل في القرون الوسطى، ولكننا لا نعرف عن تاريخها القديم سوى القليل.

فمثلاً، قبل استعمال الخليط العادي نحاس - قصدير الذي نسميه برونز، وجد عمال النحاس الأوائل أن خامة النحاس إذا صُهرت مع خامة أخرى (غير خامة القصدير)، فإنها تعطي خليطاً نحاسياً أصلب بكثير من النحاس الصافي.

كانت المعضلة في ان العمل على ذلك البرونز الأولي خطراً، وإن نسبة الوفيات بين العمال الذين يستخرجون الخامة الأخرى ويصهرونها مع خامة النحاس، كانت مرتفعة. والسبب هو ان الخامة الأخرى، هي خامة الزرنيخ arsenic. ولكن بعد اكتشاف خامة القصدير، تلاشى استعمال خامة الزرنيخ.

بالطبع، إن اكتشاف خامة ما واستخدامها، يختلف عن عزل العنصر الذي

تحويه. ولكن بعد أن اهتدى الإنسان إلى استخراج المعادن كالنحاس والقصدير والرصاص والزنك والحديد من خاماتها، يمكن الافتراض إن أي خامة لا يكون فيها العنصر مندمجاً كلياً بشدة، يمكن صهرها لاستخراجها منها.

فمن خامة الزرنيخ، يسهل استخراج الزرنيخ نفسه، ولا بد أن هذا قد حدث خلال العصور القديمة وأوائل القرون الوسطى، وفي مناسبات عدة. إلا أن الاكتشافات العلمية في تلك الأيام لم تكن تنشر بشكل خاص، ما لم تكن لها تطبيقات عملية مفيدة. فخامة الزرنيخ سامة، وقليلون هم الذين عملوا عليها. وأي زرنيخ يتم الحصول عليه، لم يكن له أي استعمال خاص، ولذلك فقد أهمل.

أول من أدخل الزرنيخ العنصري إلى وعي الأوساط العلمية، كان «ألبرتوس ماغنوس» Albertus Magnus (1193 - 1280)، وهو عالم ألماني. لقد استخرجه من خامته ووصفه في كتاباته بعناية ودقة. بحيث لم يدع مجالاً للشك في كون ما حصل عليه، هو الزرنيخ. ولهذا، يعتبر أحياناً أنه اكتشف الزرنيخ حوالي العام 1230. وإذا كان الأمر كذلك، فسيكون «ألبرتوس ماغنوس» أول شخص يكتشف عنصراً، معروف بالاسم والتاريخ والمكان تحديداً. ولكن هذا ليس شريعياً بالمعنى المطلق. فثمة احتمالات أن يكون الزرنيخ قد تم عزله قبل ذلك بكثير من قبل أشخاص لا نعرف أسماءهم.

هنالك أيضاً صبغ أو خضاب أسود، كان يستعمل قديماً كالكحل، لمزيد من السواد في لون الحاجبين والجفون، كما تُستعمل اليوم أدوات التجميل وما يسمى «مُسْكراً». قد يكون هذا الخضاب قد استُعمل في مصر منذ 3000 سنة ق. م. وهو سُمِّي عند الرومان «ستيبسيوم» Stibium ويعرف حالياً باسم «ستيبنايت» Stibnite، ويتألف كيميائياً من كبريتيد الأنثيمون (الأثمد بالعربية).

والأنثيمون يشبه الزرنيخ في خواصه الكيميائية. وبما أنه يمكن استخراج هذا الأخير بسهولة كعنصر صرف من خامته الكبريتية، فذلك هو الأمر بالنسبة إلى الأنثيمون. وقد حصل بالفعل، إذ عُثِر على إنشاء في موقع أثري من بلاد ما بين النهرين - ربما يعود إلى 3000 سنة ق. م. - وهو مصنوع من الأنثيمون الصافي، كما وجدت تحف أثرية تحتوي على هذه المادة.

كانت أول مناقشة للأنثيمون، في كتاب عنوانه «عربة الأنثيمون المظفرة»، يُفترض أنه كتب سنة 1450 ونسب إلى راهب ألماني اسمه «باسيل فالتين» Basil

Valentine، ولهذا السبب يُعتبر «فالتين» أحياناً مكتشف الأنثيمون، إلا أنه بالطبع لم يكنه. ففي الواقع، ليس هنالك أي دليل يبين على وجود هذا الراهب، وقد يكون الكتاب نشر سنة 1600 من قبل أحدهم، ونسب إلى راهب قديم، توخياً للمزيد من الاعتبار.

أما عنصر البزموت الفلزي الذي ينتمي إلى أسرة الزرنيخ، فقد يكون أول ما عُزل، سنة 1400، أو حتى قبل ذلك كما يقول البعض. ويعزى اكتشافه أحياناً إلى «فالتين»، ولكن الأكيد ان المكتشف مجهول، وان تاريخ اكتشافه سابق لذلك الوقت.

أخيراً، هناك الزنك. في العصور القديمة، كانت خامات الزنك مختلطة مع خامات النحاس، بحيث تكون خليطاً من النحاس والزنك، هو «الصفّر» brass (النحاس الأصفر). ويتميز الصفّر بلون يشبه كثيراً لون الذهب، دون أن يكون له أي من خصائص الذهب، مع أن التشابه يعتبر كافياً في نظر البعض أحياناً.

كان الحصول على عنصر الزنك من خامته سهلاً ولا شك، إلا أن هذا العنصر يميل، عند حرارة الصهر المرتفعة، إلى التبخر والاختفاء (الزنك ينتمي إلى أسرة الزئبق ذي الحرارة المنخفضة في الذوبان والغليان). ومن المحتمل جداً أن يكون الحصول على الزنك قد تحقق في عهد الرومان.

هكذا كان الوضع في العام 1674. فثمة ثلاث عشرة مادة نسميها اليوم عناصر، كانت معروفة آنذاك. وهي بحسب الترتيب الأبجائي: أنتيمون، بزموت، حديد، ذهب، رصاص، زئبق، زرنيخ، زنك، فضة، قصدير، كبريت، كربون، نحاس، كانت جميعها معروفة بشكلها العنصري النقي إلى درجة معقولة. إلا ان اكتشاف أي منها، لا يمكن تحديد زمنه ومكانه ومكتشفه بصدق وبشكل قاطع.

كل هذا يقودنا إلى الفوسفور.

لقد دخلت كلمة «فوسفور» المعجم العلمي منذ العهود القديمة. فثمة نجم شديد التوهج، يبدو أحياناً في غرب السماء بعد غروب الشمس، في حين يظهر نجم مشابه أحياناً أخرى في شرق السماء قبيل الفجر. هذان النجمان كانا «نجم المساء» و«نجم الصباح». اعتبرهما اليونان أول الأمر، نجمين مختلفين،

فاسموا نجم المساء «هسبيروس» Hesperos باللاتينية (Hesperus بالإنكليزية) وذلك من كلمة «غرب» باليونانية، كما اسموا نجم الصباح «فوسفوروس» Phosphoros (باللاتينية والإنكليزية Phosphorus) وذلك من كلمة تعني «حامل الضوء». والسبب في التسمية الأخيرة هو انه عندما يظهر نجم الصباح في الشرق، يمكن التأكد من أن الفجر أصبح وشيكاً.

وأطلق الرومان على النجمين اسمين باللاتينية انطلاقاً من نفس المعنى لدى اليونان: «فيسپر» Vesper لنجم المساء، و«لوسيفر» Lucifer لنجم الصباح. واتضح آخر الأمر (استناداً إلى علم الفلك البابلي بدون شك، حيث كان الأكثر تقدماً) ان نجم المساء ونجم الصباح واحد، فسقط استعمال الاسمين. وعرف النجم (أو في الحقيقة الكوكب) باسم «أفروديت» Aphrodite عند اليونان، وباسم «فينوس» Venus (الزهرة) عند الرومان كما عندنا حالياً.

بذلك اختفت كلمة «فوسفور» من المعجم العلمي ما يزيد على ألفي سنة بقليل، إلى أن جاء «هاننغ براند» Hennig Brand الكيميائي الألماني (1630 - 1692).

كان «براند» يعمل بالخيمياء التقليدية القديمة (يدعونه أحياناً آخر الخيميائيين) ويسعى لاكتشاف مادة تحفز تحويل المعادن الدنيا الخسيسة إلى ذهب، أو على الأقل تحويل الفضة إلى ذهب.

وجاءته فكرة (لا ندري من أين..). انه قد يحصل على مثل هذه المادة الحفّازة من البول.. فقام بعملية غلي كمية كبيرة من البول وسط الروائح الكريهة، لعزل المواد المذابة فيه، فترسبت على شكل قشرة صلبة في أوعيته. كانت هذه القشرة تحتوي، بين مواد أخرى، على ما نسميه «فوسفات الصوديوم». ثم عالج الراسب الصلب بالطريقة المعتادة في صهر الخامات، ليرى ما إذا كان يمكنه الحصول على معدن جديد يصلح كحفّاز لإنتاج الذهب، فتتج عن فوسفات الصوديوم، بعض ذرات من الفوسفور، تمكن «براند» من عزلها إلى درجة معقولة من النقاوة.

لم يكن أحد من قبل قد شاهد عنصر الفوسفور، كما لم يكن أحد يتوقع وجوده. فكان الفوسفور أول عنصر يجري عزله في العصور الحديثة، بتاريخ

معلوم (1674) وفي مكان معلوم (هامبورغ - المانيا) ومن قبل شخص معروف (هاننغ براند).

ولكن ما سبب الإثارة في كل هذا؟.

بالطبع، إن اكتشاف مادة جديدة ذات خصائص لا عهد لأحد بها من قبل، يعتبر حدثاً مثيراً. ولكن كان في الأمر أكثر من هذا.

فالمادة الجديد كانت تتوهج بنور أخضر في الظلام. كانت تلك خاصية خفية وغريبة. فاطلق «براند» على اكتشافه اسم «فوسفور» لأنه كان «يحمل النور» فدخلت الكلمة معجم العلوم من جديد، ولكن باختلاف كلي عما كان لدى اليونان الأقدمين.

هنالك معادن تتوهج في الظلام، وهي ظاهرة تسمى «التفسفر» أو «الفسفرة» أو التألّق الفوسفوري Phosphorescence (ولا علاقة لها بالفوسفور رغم التشابه في التسمية). ولكن التفسفر لا يحدث إلا بعد تعريض المعدن للضوء، وهو يخبو بسرعة مع الوقت. في حين أن الفوسفور يتألّق حتى وأن لم يتعرض للضوء، ويستمر في تألقه زمناً طويلاً.

أثار هذا التوهج الضوئي اهتمام الكيميائيين في عصر «براند» - كما أثار الراديوم المشع الذي عزلته «ماري كوري» Marie Curie الكيميائيين بعد مرور أكثر من قرنين على ذلك. (بالطبع كان هناك فارق: فالفوسفور يتوهج لأنه يتفاعل تلقائياً ويبطء مع الأكسجين، فيطلق طاقة كيميائية، تتحول جزئياً إلى نور. أما الراديوم، فيشع لأن نواته تنشط (تتفكك) تلقائياً، فتطلق طاقة نووية، تتحول جزئياً إلى نور).

وبسبب الإثارة الناتجة عن التوهج، حاول كيميائيون آخرون الحصول على الفوسفور بأنفسهم. جاء أحدهم إلى «براند» لاستقاء المعلومات، وعندما تلقاها، راح ينتج الفوسفور ويدعي (باطلاً ومن دون جدوى) انه المكتشف الحقيقي. . وعزل الكيميائي البريطاني «روبرت بويل» Robert Boyle (1621 - 1691) الفوسفور في الواقع بشكل مستقل، سنة 1680، إلا أنه جاء بعد «براند» بست سنوات، وبذلك تعود الأسبقية لـ «براند».

والفوسفور من أسرة الزرنيخ والأنتيمون والبرزموت. فالأنتيمون والبرزموت هما معدنان، ويتميز الزرنيخ بكونه نصف معدني. أما الفوسفور ذو الذرات الواضحة الصغر بالنسبة إلى ذرات رفاقه الثلاثة، فهو ليس من المعادن إطلاقاً.

وكما استخرجه «براند» فهو جسم أبيض شمعي بحيث يدعى في أغلب الأحيان «الفوسفور الأبيض».

من الطبيعي ان يبحث الناس عن طريقة لاستخدام العلاقة بين الفوسفور والنور. اقترح العالم الالماني «غوتفريد ويلهلم لينينز» Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 - 1716) بحماس، ان قطعة من الفوسفور ذات حجم كبير تكفي لإنارة غرفة فتلغي استعمال الشموع.

إلا ان صعوبة إنتاج الفوسفور، تجعل كلفة القطعة الكافية منه لإنارة غرفة، تفوق ثمن الشموع المستهلكة دهرأ طويلاً.

ثم إن الفوسفور المتوهج يُؤلّد الحرارة كما يُؤلّد النور. فإذا لامس مادة قابلة للاشتعال، فقد يشعلها بعد مرور فترة قصيرة. وفي الواقع، فإن الكيميائيين الذين ما كانوا يحفلون بالفوسفور أول الأمر (كما لم يحفل الكيميائيون بداية بالراديوم بعد ذلك) تسببوا عن غير قصد بإشعال حرائق في منازلهم ومشاكلهم. وهذا ما أثار مسألة إشعال النار بطرق كيميائية.

حتى ذلك الحين، كان إشعال النار يتم عن طريق الاحتكاك. تُحكّ قطعة من الخشب على قطعة أخرى بشدة إلى أن يتولد من ذلك حرارة تكفي لإشعال قطعة من الصوفان، وتستخدم هذه النار الضئيلة لإشعال نار كبيرة. أو تُضرب قطعة من الصوان بقطعة من الصلب، فتحدث شرارة تشعل الصوفان.

ولكن لماذا لا نغلف طرف عود من الخشب (أو الورق المقوى) بمادة كيميائية خاصة، يمكنها في الوقت المناسب أن تشعل الخشب أو الورق؟ سيكون لدينا عندها نار صغيرة تستمر فترة كافية لإشعال نار أكبر، تدوم مدة أطول. وباختصار، سيكون لدينا عود ثقاب (وهو في الإنكليزية مشتق من كلمة match وتعني «فوهة القنديل»، حيث للزيت المشتعل لهيب شُبّه به عود الثقاب).

بدأ انتاج عيدان الثقاب الكيميائية هذه، في العقود الأولى من القرن التاسع عشر. والبعض منها لم يعتمد الفوسفور. كان أحد نماذجها ذا مزيج رطب يحتوي على المادة الكيميائية النشطة كلورات البوتاسيوم داخل خرزة (فقاعة) زجاجية في طرف عود، وهو مغلف بالورق كلياً. وعندما ينكسر الطرف، يقوم كلورات البوتاسيوم بإشعال الورق. كان هذا يسمى «الثقاب الهروميثي» Promethean matches، من «هروميثيوس» Prometheus، الإله في الأساطير

اليونانية الذي جاء بالنار من الشمس إلى الكائنات البشرية. إلا أن هذا كان نوعاً بطيئاً وفوضوياً من الثقاب كما هو معروف.

كان كذلك نوع آخر لا يشتعل تلقائياً، إذ يتوجب رفع حرارته عن طريق ضربه بشيء آخر، أي بحكّه على سطح خشن، فيولّد الاحتكاك حرارة تجعل الطرف النشط يتفاعل كيميائياً ويشتعل. هذه العيدان الثقابية الاحتكاكية التي كانت تُصنع من دون الفوسفور، كانت تسمى «عيدان لوسيفر»، من الكلمة اللاتينية التي تعني «حامل النور».

لم يكن لهذه العيدان سوى دور ضئيل في التاريخ الأميركي، كان الأميركيون يسمونها «عيدان لوكوفوكو»، من جهة لأن «لوكوفوكو» قد تعني «الاشتعال التلقائي، قياساً على كلمة «لوكوموتيف» locomotive (ذاتي الحركة)، ومن جهة أخرى كتحريف لكلمة «لوسيفر».

سنة 1835، كان الجناح الليبرالي من الحزب الديمقراطي بمدينة نيويورك، في جدال حار مع الجناح المحافظ. وفي أحد اجتماعات الحزب، شعر المحافظون بالهزيمة، فاطفأوا الأنوار كي يضعوا حداً للاجتماع. إلا إن الليبراليين أشعلوا الشموع بواسطة اللوكوفوكو، وتابعوا المناقشة.

بعد ذلك، أطلق المحافظون من الحزب الديمقراطي على الليبراليين إسم «لوكوفوكو» تعبيراً عن الاستهزاء، وهو أمر سرّ له حزب الأحرار فعمم اللفظة على أعضاء الحزب الديمقراطي بكامله.

كانت عيدان «لوسيفر» من دون فوسفور، عسيرة الاشتعال، وإذا اشتعلت أخيراً، فإنها أحياناً ما تطلق رشاشاً من الشرر قد يحرق الثياب واليدين.

ولكن في العام 1831، انتج فرنسي يدعى «شارل صوريا» Charles Sauria أول عيدان ثقاب عملية تحتوي على الفوسفور، محلولاً مع مواد أخرى للتأكد من أن العيدان لن تشتعل قبل حكّها. هذه العيدان، كانت تلتهب بسرعة وهدهوء عند حكّها، ولا تفسد إن هي لم تستعمل، مما وضع في النهاية حداً لاستعمال سائر أنواع الثقاب الأخرى.

ولكن كان هنالك محذور. فالفوسفور المستعمل في هذه العيدان شديد السمية. وهو يتسرب إلى أجساد الذين يعملون في صنع عيدان الثقاب، فيسبب لهم انحلال العظام الذي كان يعرف بـ «الفكّ الفوسفوري» ويؤدي إلى الوفاة ببطء وبآلام مبرحة.

هنا أيضاً، كان تشابه مميز مع ما حدث بعد قرن بصدد الراديوم. لم يكن خطر الراديوم والمواد المشعة مفهوماً أول الأمر، إذ كان يدخل بكميات ضئيلة جداً في مواد يُطلَى بها وجه الساعات وعقاربها، كي تتوهج في الظلام. وقد أصيب العاملون في المصانع على الراديوم، بالإشعاع الذي تسبب بموتهم، إلى أن حرّم القانون ذلك في النهاية. (أذكر اني في صغري كنت أحمل ساعة مطلية الأرقام بالراديوم).

ولحسن الحظ، فقد اكتشف سنة 1845، كيميائي نمساوي هو «أنطون فون شروتر» Anton Von Schroetter (1802 - 75) ان الفوسفور الأبيض إذا أخضع للحرارة في جو من النتروجين أو ثاني أكسيد الكربون (وهو لا يتفاعل معهما) فإن ترتيب ذارته يتبدل، فيصبح نوعاً آخر من الفوسفور، يسمى «الفوسفور الأحمر» تبعاً للونه.

ومزية الفوسفور الأحمر انه غير سام، ويمكن استخدامه بإمان نسبياً. وهكذا أخذ «شروتر» منذ العام 1851، ينتج ويوصي باستعمال عيدان الثقاب ذات الفوسفور الأحمر. إلا أن هذا الفوسفور، أقل نشاطاً من الفوسفور الأبيض، وبالتالي فإن إشعاله ليس بنفس السهولة. ولهذا السبب، إستمر استعمال العيدان ذات الفوسفور الأبيض حتى نهاية القرن، إلى أن حرّمه القانون. فالمجتمع الذي اضطر إلى الخيار بين الموت الرتيب وبين إزعاج بسيط، اختار الإزعاج أخيراً بعد ترده ومقاومته المعهودين. ولكن في النهاية، عولجت عيدان الثقاب ذات الفوسفور الأحمر، بحيث أصبحت سهلة الاشتعال إلى درجة كبيرة.

كانت الخطوة التالية، إنتاج «الثقاب المأمون». فالعيدان العادية، يمكن حكّها مع أي سطح خشن، ما دامت جميع المواد الكيميائية المطلوبة لتوليد تفاعل كيميائي يؤدي إلى الحرارة فالاشتعال موجودة في رؤوس العيدان. وبذلك، قد يحدث الاشتعال العفوي فيؤدي إلى حريق غير مقصود، وإلى الأذى أو الموت.

ولنفرض اننا نزعنا إحدى المواد الكيميائية من رؤوس العيدان - الفوسفور الأحمر مثلاً - ووضعناه على شريط خاص. فالثقاب المأمون الذي يحوي مختلف المواد الكيميائية باستثناء الفوسفور، لن يشتعل إلا إذا حُكَّ على هذا الشريط.

هذا يكفي الآن. وسوف يكون لي ما أقوله إضافة حول الفوسفور في الفصل التالي.

بدءاً بالعظم

منذ أيام، ألفيت نفسي محتبساً على منصة، بمناسبة غداء لم يكن من المفترض أن أتحدث خلاله. وهذا بمجرد أمر رسم العبوس على وجهي الفتى.. فلماذا تعذبي بإجلاسي على منصة، بدلاً من جلوسي إلى مائدة مع زوجتي الحبيبة «جانيت»، ما داموا لا يرجون مني أي نفع؟.

بالطبع، سوف يقدمونني، وهذا يعني على الأقل انني سوف أتمكن من الوقوف والابتسام بعذوبة. ولكن تبين ان المعرفة لم تكن قد سمعت بي أبداً، وبالتالي فقد شوّهت إسمي عند تلفظها به، بحيث جعلتني أسارع بالجلوس وأرفض الابتسام.

وهكذا بدا ان ذلك اليوم لن يكون يومي. وفي غاية اليأس، رحت أشغل نفسي بكتابة قصيدة فكاهية limerick دعائية للسيدة الجالسة إلى يساري والتي كانت «تعرفني».. (في الواقع، كانت هي المسؤولة عن احتباسي هناك).

وأظن انها لاحظت عليّ بعض الاشمئزاز، فحاولت تطيب خاطرني عن طريق توجيه انتباه الآخرين إليّ. التفتت نحو الرجل الجالس إلى يسارها وقالت «انظر إلى هذه القصيدة الطريفة التي كتبها الدكتور عظيموف لأجلي».

ألقى رجل الأعمال على القصيدة نظرة ميتة، ثم توجه نحوي قائلاً: «أترك

كاتباً بالمناسبة؟».

عجباً! فانا لا أفترض في الناس أن يقرأوا أشيائي؛ ولكن، سواء قرأوا أو لم يفعلوا، أتوقع على الأقل أن يكون لديهم شك ولو مبهم حول كوني كاتباً..
ولاحظ صديقي الجالس إلى اليسار أن يدي تدبّ نحو السكين بجانب صحنني، فقال على الفور:

«أجل، إنه كاتب. وله 350 كتاباً».

ويدون اكتراث، سأل صاحبنا:

«350 قصيدة فكاهية؟».

- «كلا. 350 «كتاباً»».

عندها، كان الحوار التالي بيني وبين الرجل:

- الرجل (وهو لا يريد التخلي عن القصائد): «هل أنت أيرلندي؟».

- عظيموف: «كلا».

- الرجل: «إذن، كيف يمكنك كتابة القصائد الفكاهية؟».

- عظيموف: «لقد ولدت في روسيا، وأكتب «أوديسيات»^(*)..».

- الرجل (وقد بدا مشدوهاً): «هل تستخدم منسقاً للكلمات؟».

- عظيموف: «أجل».

- الرجل: «هل تتصور إن بإمكانك النجاح من دونه؟».

- عظيموف: «بكل تأكيد».

- الرجل (وهو لا يعير أي انتباه): «هل تتصور ما كان يحدث لـ «الحرب

والسلم» لو كان لدى «دستوفسكي» منسق للكلمات؟».

- عظيموف (بازدراء): «لا شيء على الإطلاق. فـ «الحرب والسلم» كتبه

«تولستوي»!«.

بهذا انتهى الحوار. وانصرف اهتمامي إلى تحمّل الغداء - وهذا ما فعلت، ولكن

إلى حدٍّ ما..

ومع ذلك، لم يضع كل شيء. فبما أنني صادفت ذلك الرجل الأحمق،

(*) في حال عدم معرفتك للأمر - وهو ما استبعده - فإن «ليمريك» limerick مدينة في جنوب إيرلندا، و«أوديسا» مدينة في جنوب غرب روسيا.

خطرت لي فكرة ان أبدأ مقالتي القادم في الخيال والخيال العلمي، بالتحدث عن العظم..

إن الحياة كما نعرفها على الأرض، تتركز على أساس مائي، حيث الجزيئات من مختلف الأحجام ذائبة أو معلقة. هذا يعني بشكل عام ان أشكال الحياة قابلة لأن تكون لينة سهلة الانسحاق، كديدان الأرض مثلاً. والحياة في اللين والرخاوة ممكنة، بل إنها كانت كذلك باستمرار إلى أن بلغت الأرض سبعة أثمان (7/8) عمرها الحالي. وهي لم تتطور نحو الصلابة إلا حديثاً، بالمقارنة الزمنية.

وبالطبع، حتى في أقصى ليونتها وقابليتها للانسحاق، لم يكن في مقدور الأجزاء الحية، أن تكون كمحالييل مائية مغمورة في المحيط [البحر]. فلا بد لكل كائن حي من قشرة خارجية تشد آلية الحياة الجزيئية إلى بعضها، وتفصلها عن البحر المحيط بها.

لقد تم هذا عن طريق بناء جزيئات ضخمة (سلاسل من جزيئات صغيرة) لتكوين أغشية الخلايا. فقامت الخلايا النباتية ببناء السلولوز [الألياف الخشبية] في سلاسل طويلة من جزيئات الغلوكوز، أكثر الجزيئات العضوية انتشاراً في الوجود حالياً.

والسلولوز هو المكوّن الرئيسي للخشب، كما يُعتبر القطن والكتان والورق بشكل عام، من السلولوز الصافي.

أما الخلايا الحيوانية، فلا تصنع السلولوز. بل إنها ركزت على تكوين جزيئات ضخمة أخرى (كالبروتينات)، بهدف التماسك. فالكيراتين - وهو البروتين القوي الصلب، يشكل المكوّن الرئيسي للبشرة والحراشف والشعر والأظافر والحوافر والمخالب. وثمة بروتين آخر قوي، الكولاجين، نجده في الأربطة العظمية والأوتار والأنسجة الرابطة عموماً.

ولكن قبل نحو 600 مليون سنة، وبشكل مفاجيء حسب المقياس التطوري، قامت مجموعات حيوانية مختلفة (شُعَب Phyla - أي فئات) بعمل بارع في اعتماد مواد غير عضوية كجدران واقية. كانت تلك المواد ذات طبيعة صخرية اساساً، صلبة قوية وكتيمة حيال محيطها أكثر من أي شيء مكوّن من مواد عضوية. (كانت كذلك أثقل وزناً وأقل حساسية واستجابة، وغالباً ما أدّت

بتلك المخلوقات المثقلة بوزن هذه المادة، إلى حياة لا حركة فيها).

لم تكن هذه «الهيكل» [العظمية] بهدف الحماية فقط، بل كانت تصلح كذلك، كمربط للعضلات، يمكنها من الشد بمزيد من القوة. إلى ذلك، فإن هذه الأجزاء الصلبة تشكل معظم بقايا الحياة الأحافيرية fossil المستحجرة التي نجدها في الصخور الرسوبية. ولكنها تشبه الصخر في طبيعتها، يمكنها أن تتحمل تقلبات (تحت شروط ملائمة) تجعلها أقرب فأقرب إلى الصخور. وبالتالي فهي تحتفظ بشكلها وحجمها الأوليين على مدى مئات الملايين من السنين. لهذا السبب، نرى الأحافير تكثر فقط في الصخور التي لا يزيد عمرها عن 600 مليون سنة، إذ قبل ذلك لم يكن هنالك أي أجزاء صلبة قابلة للتحجر.

كانت أبسط الحيوانات التي طوّرت هيكلًا عظيمًا، هي «الشعاعيات» radiolarians ذات الخلية الواحدة. كان لهذه الكائنات المجهرية هيكل جميلة ذات أشواك غير عضوية معقدة، مكونة من «السليكا» Silica (ثاني أكسيد السليكون) وهي المادة المميزة التي منها تتكوّن الرمال.

إلا أن السليكا، رغم كونها وافرة الانتشار، لم تصبح المادة الهيكلية بشكل عام، إذ يبدو أن تداولها يتعذر على العضويات. فالكائن البشري مثلاً، شأنه شأن الحياة الحيوانية عموماً، لا يحوي أيّاً من مركبات السليكون كأجزاء رئيسية من جسمه. وتواجد أيٍّ من هذه المركبات لا يكون إلا مؤقتاً، مصدره تلوثات تُبتلع مع الغذاء.

وبدءاً بأبسط الحيوانات المتعددة الخلايا، فقد طوّرت ميلاً نحو تكوين هيكل مؤلفة من مركبات الكلسيوم الذي يُعرف كذلك بالجير أو حجر الكلس.

تتكوّن الأصداد البحرية في أعضاء شعبة «الرخويات» Mollusca (البطلينوس، المحار، القوقع أو البزاق) من كربونات الكلسيوم. وهذا ينطبق كذلك على أعضاء فئات أخرى كالمرجان والحيوانات الطحلبية والصدق القنديلي وغيرها. ولهذا فإن قشرة البيض التي تصنعها الزواحف والطيور، هي أيضاً من كربونات الكلسيوم.

إلا أن شعبة «المفصليات» Arthropoda توصلت إلى تسوية. فهي لم ترزح تحت ثقل الصدف الذي يقعدها عن الحركة في جمود كالمحار، بل

تفادت الاستقواء غير العضوي كلياً، واكتفت بالجزئيات العضوية الضخمة، إلا أنها قامت بتحسين هذه الأخيرة.

فالمفصليات (التي تشمل كائنات مثل الكركند والسرطان (سلطعون) والإربيان (قريدس) وسائر أنواع الحشرات والعناكب والعقارب والمثنية (الحرش أو أم أربع وأربعين)، جميعها ذات هيكل من «الكيتين» Chitin (مادة قرنية)، عن اليونانية بمعنى الدرع أو الصدف.

والكيتين جزئيء ضخّم مؤلف من وحدات السكّر، أكثر ما يشبه السّلولوز، ولكن مع فارق واحد. ففي حين يتألف السّلولوز من وحدات الغلوكوز (النوع الشائع والبسيط من السكّر)، نرى أن الكيتين تتألف من وحدات «غلوكوزامين». فكل من الغلوكوزات في سلسلة الكيتين يتغيّر مع وجود مجموعة صغيرة تحتوي على النتروجين، وهذا يكفي لجعل الكيتين مختلفة جداً في خواصها عن السّلولوز.

والكيتين قوية بحيث تصلح للحماية، كما أنها مرنة وخفيفة الوزن، تسمح بالحركة السريعة النشطة. ففي الواقع، إن الحشرات، على الرغم من هياكلها الدقيقة الكيتينية، تتمتع بحركة تمكّنها من الطيران (ولكن ثمن ذلك بالطبع، بقاؤها صغيرة الحجم).

وقد يعود للكيتين، نجاح المفصليات المدهش: فهناك أنواع في المفصليات أكثر بكثير مما في سائر الفئات الأخرى مجتمعة.

وهذا يقودنا إلى «الحبليات» Chordata، آخر الشعب التي جاءت إلى الوجود (متحدرة من أشباه «نجم البحر»)، قبل حوالي 550 مليون سنة. وما يميّز الحبليات عن سائر الشعب الأخرى، هو أولاً: أن لها حبلاً عصبياً مجوفاً غير مُضمّت حول الظهر - لا حول البطن. وثانياً: إن لها شقوقاً خيشومية تُدخل فيها الماء، وترشّح الغذاء (على أننا لا نرى هذا في الحبليات البرية إلا خلال المراحل الجنينية أو اليرقانية).

يتألف الحبل الظهرى في معظمه من «الكولاجين» Collagen، وهو نموذج لهيكل داخلي أكثر منه للخارجي الذي نجده لدى سائر الشعب الأخرى. وقد نجد هياكل داخلية بشكل غير نظامي في عدد من المناسبات لدى بعض الشعب الأخرى، إلا أن الحبليات وحدها، تطورت بحيث اختصت بها. لقد ذهبت إلى

أبعد من المفصليات، فتركت الجلد الخارجي بدون حماية، وأبقت الهيكل في الداخل، حفاظاً على الشكل والوحدة التمامية، وكمرسة للعضلات. إن الليونة والقبالية للجرح في الجلد غير المحمي، تعوِّض عنها القدرة والقوة والحركية التي تتمتع بها الحبليات، بفضل الهيكل الداخلي - الخفيف نسبياً والقوي مع ذلك. ولا غرابة في أن الحيوانات الأكبر والأقوى والأسرع والأذكى والأكثر نجاحاً بشكل عام من سائر الكائنات، هي الحبليات.

في تاريخ الحبليات المبكر، استبدل عود الحبل الظهرى البسيط بسلسلة أجزاء منفصلة من الأنسجة الهيكلية التي تضم الحبل العصبي، مما يمنحه حماية إضافية. هذه الأجزاء هي «الفقرات» التي تشكل العمود الفقري. وجميع الحبليات الحالية - باستثناء ثلاث مجموعات بدائية جداً من المتعضيات البائدة - هي ذات فقرات، وتؤلف الشعيبة الفقارية Vertebrata وتسمى «الفقاريات».

كانت الفقاريات المبكرة التي برزت قبل حوالي 510 ملايين سنة، الأولى في تطوير العظم، وهو مادة هيكلية غير عضوية مؤلفة من مركبات الكالسيوم إلا إنها ليست كربونات الكالسيوم بالحصر. كان هذا العظم مقتصرأ على خارج الجسم، خصوصاً منطقة الرأس. وتسمى هذه الفقاريات المبكرة «الدرداوات» ostracoderms (من اليونانية بمعنى «الجلد الصدفي»). كانت الفقرات داخل الجسم غضروفية مكوّنة بشكل رئيسي من الكولاجين.

إلا أن الهيكل الخارجي للدرداوات، كان يحد من الحركة، وبالتالي فهو لم يكن أداة ناجحة على العموم. فالفقاريات المجردة من الدرع الخارجية والتي تعتمد على الحركة والرشاقة، أكثر نجاحاً من سواها. وحتى اليوم، فإن تلك الحبليات ذات الدرع الخارجية، كالسلحفاة والمدرع^(*) armadillos والبنغول Pangolin^(**)، لا تعتبر ناجحة.

تطورت الدرداوات في اتجاهين، فكونت المزيد من الهيكل الداخلي مع امتدادات غضروفية أتاح بروز أربعة أطراف، وكذلك امتدادات أخرى أتاح تحرك الفكّين. ثم تخلت عن الدرع الخارجية، لتصبح سمك القرش وما إليه

(*) حيوان ثديي من الدرداوات ذو درع عظيمة ينكمش داخلها عند الخطر - المترجم.

(**) البنغول أو «أم قرفة» ذو جسم مكسو بقشور صلبة تشبه حراشف - المترجم.

من المتعضيات الحالية. فسمك القرش لا هيكل عظمي له، بل غضروفي (رغم إن أسنانه من مادة شبه عظمية). ولا يزال ناجحاً حتى يومنا هذا. أما في الاتجاه الآخر، فإن الدردارات ذات الأطراف والفكين لم تتخلّ عن درعها الخارجية كلياً، بل سحبت بعضاً منها إلى تحت الجلد. فالدرع التي كانت تحمي الرأس، أصبحت جمجمة تحمي الدماغ وأعضاء الحسّ. وامتد العظم كذلك إلى باقي الهيكل، وبهذه الطريقة برزت «العظميات» osteichthyes (من اليونانية بمعنى «السماك العظمي»)، قبل حوالي 420 مليون سنة، وهي حتى الآن تسود مياه الأرض.

من السمك العظمي، تطورت القواذب (مفردها قازب) أي «البرمائيات» amphibians، ومن البرمائيات كانت «الزواحف» reptiles التي منها تطوّرت الطيور و«الثدييات» mammals. واحتفظت هذه جميعاً بهيكلها العظمي الداخلي، وهذا بالطبع يشمل الإنسان: إنه علامتنا كفقراريات، فكل ما لم يكن فقارياً، لا عظم له.

والعظم، شأنه شأن صدف المحار، هو من مركبات الكلسيوم. فكيف إذن، تتميز العظام عن صدف المحار؟ أول من أجرى تحليلاً كيميائياً ناجحاً للعظم، عالم المعادن السويدي «جوهان غوتليب غاهن» Johann Gottlieb Gahn (1745 - 1818). استخدم الطريقة الجديدة يومها، في التحليل بواسطة الجُمّلاج (أي أنبوب النفخ). فالنفخ بالأنبوب يكوّن لهباً صغيراً شديد الحرارة يسخن المعادن. ويمكن للخبير الحاذق بعد ذلك أن يفسر طريقة ذوبانها أو تبخرها، واللون الذي تشكّله، وخصائص رمادها. في العام 1770، أخضع «غاهن» العظم للتحليل الحملاحي، فوجد أنه يحتوي على فوسفات الكلسيوم الذي ينطوي جزيئه - كما تدل التسمية - على ذرة من الفوسفور.

في الفصل السابق، أشرت إلى كيفية اكتشاف الفوسفور قبل حوالي قرن من اكتشاف «غاهن». فقد تمّ الحصول عليه من البول، الأمر الذي أوحى بأنه قد يكون من مكونات الجسم (أو أنه تلوث يفرزه الجسم بالسرعة الممكنة). كان «غاهن» أول من أشار إلى مكان خاص من الجسم حيث يمكن تواجده الفوسفور: وهو العظم.

إلا أن العظم موجود عند الفقاريات فقط. فماذا عن الحيوانات غير الفقارية؟ وماذا عن النبات؟ أيمكن تواجد الفوسفور مقتصرًا على مكان واحد، أم أنه من المواد الكونية التي تدخل في سائر أشكال الحياة؟

سنة 1804، نشر عالم أحيائي سويسري هو «نقولا ثيودور دي سوسور» Nicolas Theodore de Saussure (1767 - 1845) عددًا من تحاليل مختلف النباتات لما تحويه من مواد معدنية قابلة للذوبان (في الماء)، وكذلك للرماد المتبقي بعد حرقها. فوجد أن الفوسفاتات موجودة على الدوام، مما قد يدل على أن مركبات الفوسفور كانت من المكوّنات الكونية للحياة النباتية، وربما لكل حياة.

من جهة أخرى، قد تأخذ النباتات ذرات مختلفة من التربة التي تنمو فيها، وحتى قلة نسبية مما لا تحتاج إليه. في هذه الحال، وبما أن النباتات لا تتمتع بالنظام الإبرازي الفعّال كما الحيوانات، فقد تختزن الذرّات غير اللازمة في زوايا عَرَضِيَّة من أنسجتها، فتظهر في التحليل. وهكذا اكتشف «سوسور» كذلك كميات ضئيلة من مركبات السليكون في رماد النباتات. وحتى اليوم، لا نجد دليلاً واضحاً على أن أيّاً من السليكون أو الألومنيوم هو أحد مكونات الحياة الأساسية.

وقد نعمل من الطرف الآخر، لنعرف ما هي العناصر التي تسهم في نمو النبات. لقد اتضح منذ أقدم الأزمنة في زراعة النباتات، أنها تمتصّ المواد الحيوية من التربة، وأنه إذا لم تُعَدّ هذه المواد للتربة، تصبح ماحلة مجذبة تدريجياً. وبالمصادفة، اكتُشِف أن مختلف المنتجات الحيوانية - كالدم، والعظام المسحوقة والأسماك المهترئة إلخ... - يفعل فعل «الأسمدة». والسماذ الأكثر شيوعاً، نظراً لكونه قريب المتناول، كان البراز الحيواني (أو البشري). كان من انتشار استعماله أن كلمة «أسمدة» تُعتبر حتى يومنا هذا، مرادفاً مهذباً لكلمة براز المشتقة بدورها من كلمة باللغة الفرنسية القديمة تعني «زَرَعَ» - وهي مرادف مهذب لما تعرفون.

والمشكلة في البراز وغيره من النواتج الحيوانية، هي أنها بالغة التعقيد من الناحية الكيميائية بحيث لا يمكننا التأكد من مكوناتها التي تقوم بعملية التسميد لأنها ضرورية لنمو النبات، أو أن نعرف لأيٍ منها بمفرده يعود الفضل في ذلك. ولكن في القرن التاسع عشر، نشأ تيار لاستبدال السماذ البرازي. فمن

جهة، إن البراز يُتّين (كما نعرف جميعاً) فيشوّه «الهواء النقي» في الأرياف. وهو، من جهة أخرى، يحمل جراثيم الأمراض، إذ كان على الأرجح من أسباب انتشار وتفاقم الأوبئة التي ضربت العالم في العصور القديمة.

كان الكيميائي الألماني «جوستوس فون ليبيج» Justus von Liebig (1803 - 73) أول من قام بدراسة مفصلة للأسمدة الكيميائية، فأوضح بشكل قاطع سنة 1855، أن الفوسفاتات ضرورية للتسميد.

إذا كانت الفوسفاتات ضرورية للنبات، واحتمالاً بالتالي للحيوان، فلا بدّ من أن تتواجد في مكان آخر غير العظام. يجب أن تتواجد في الأنسجة اللينة، وهذا يعني أنه لا بدّ من وجود بعض المركبات العضوية للعناصر العادية المتواجدة في مثل هذه المواد (كربون، هيدروجين، أكسجين، نتروجين، كبريت) ولكن مع ذرات إضافية من الفوسفور.

لقد تبيّن وجود مثل هذا المركّب في الواقع، وحتى قبل أن ينجز «ليبيج» نظامه التسميدي. ففي سنة 1845، كان الكيميائي الفرنسي «نقولا تيودور غوبلي» Nicolas Theodor Gobley (1811 - 76) يدرس المادة الدهنية في مُحّ (صفار) Yolk البيض. وحصل على مادة وحلّها بالماء، فتوصّل إلى الأحماض الدهنية. وهذا ما يمكن توقعه من أي مادة دهنية تحترم نفسها. إلّا أنه حصل أيضاً على «الحمض الغليسيروفوسفوري» glycerophosphoric acid، وهو عبارة عن جُزيء عضوي يحتوي على ذرة فوسفور. وفي سنة 1850، أطلق على المادة الأولية اسم «ليسيثين» lecithin، من الكلمة اليونانية بمعنى «صفار البيض».

لم يتمكن «غوبلي» من التحليل الكيميائي الدقيق، ولكننا نعرف الآن ما هو. فجزيء الليسيثين مكوّن من 42 ذرة كربون، و 84 ذرة هيدروجين، و 9 ذرات أكسجين، وذرة نتروجين، وذرة فوسفور، أي ذرة فوسفور واحدة من بين 137 ذرة مجتمعة. إلّا أن هذا يكفي لإثبات وجود الفوسفاتات العضوية.

وثمة مركبات أخرى مشابهة اكتشفت منذ ذلك الحين، وهي تسمّى في مجموعها «الفوسفوغليسيريدات» phosphoglycerides.

والواقع أن الفوسفوغليسيريدات يمكن أيضاً اعتبارها من المواد الهيكلية، فهي تساعد على تكوين أغشية الخلايا والمادة العازلة بالنسبة إلى الخلايا العصبية. كذلك نجد أن المادة البيضاء في الدماغ (بيضاء بسبب الطبقة الكثيفة

العازلة من المواد الدهنية) والتي تحيط بألياف الأعصاب، غنية بالفوسفوغليسريدات.

عندما اكتشف هذا لأول مرة، ساد الاعتقاد بأن للفوسفور علاقة بالعمل الفكري، فانطلق الشعار الذي يقول: «لا فوسفور، لا تفكير». من ناحية، كان هذا صحيحاً: ذلك أنه إذا لم تكن ألياف الأعصاب معزولة جيداً، فإنها لن تعمل، وبالتالي فلن نفكر. ولكنها علاقة غير مباشرة. فما دامت الكليتان ضروريتين للحياة البشرية، يمكننا كذلك القول: «لا كلى، لا تفكير». وهو صحيح أيضاً، ولكنه لا يعني أننا نفكر بكليتنا..

واكتُشف كذلك أن الأسماك غنية إلى حد معقول بالفوسفور، فنشأت الخرافة القائلة بأن السمك هو «غذاء الدماغ». ولا بدّ أن هذا جاء في الأساطير الغذائية الشعبية بعد المفهوم (الذي شجعت حكاية الشخص الخيالي الطيب الذكر «بوبي» Popeye) الذي يزعم أن السبانخ هي المدخل للقوة الخارقة الفورية. كان «برتي ووتر» Bertie Wooster - ذلك الشاب المحب ولكن البليد الإدراك نوعاً، الذي اخترعه «ب.ج. وودهاوس» P.G.Wodehouse - يلجّ على خادمه الذكي «جيفز» Jeeves بأن يأكل بعض السردين، كلما اعترضه مشكل طارئ خاص.

وبعد اكتشاف اللبستين، انهيار السدّ، فتم اكتشاف فوسفاتات عضوية أخرى. وتبيّن أن مجموعات الفوسفات جزء من الهروتين في الحليب والبيض واللحم. والواقع أن الفوسفور كان ضرورياً للحياة نفسها، وليس للخلفية الهيكلية وحدها.

ولكن، ما هو «عمل» الفوسفور وسائر مجموعات الفوسفات هذه؟ إذ لا يكفي أن تكون موجودة، بل لا بدّ لها من وظيفة ما.

جاء أول إلماع في هذا الاتجاه سنة 1904 عندما كان العالم الاحيائي الإنكليزي «آرثر هاردن» Arthur Harden (1865 - 1940) يدرس الخميرة yeast، ويحاول تحديد التفاصيل الكيميائية لكيفية تخميرها السكر إلى كحول. كان ذلك نتيجة لوجود الأنزيمات. وفي تلك الأيام، لم يكن معروفاً عن الأنزيمات سوى الاسم (من اليونانية بمعنى «في الخميرة» in yeast) وسوى أنها تسبب تغيرات كيميائية.

وضع «هاردن» الخميرة المسحوقة التي تحتوي على الأنزيمات، في كيس مؤلف من غشاء مسامي يسمح بمرور الجزيئات الصغيرة - دون الكبيرة. وبعد أن أبقي الكيس في وعاء مائي فترة تتيح للجزيئات الصغيرة جميعاً الإفلات، وجد أن المادة داخل الغشاء لم تعد تخمر السكر. لم يكن هذا يعني أن الأنزيمات كانت جزيئات صغيرة أفلتت، لأن الماء خارج الغشاء لا يخمر السكر كذلك. أما إذا مزجت مادة الوعاء مع مادة الكيس، أمكنهما معاً تخمير السكر.

بهذه الطريقة، بين «واردن» أن الأنزيم يتألف من جزيء كبير (أنزيم) يعمل مع جزيء صغير (coenzyme أو أنزيم مساعد) بالتعاون. واكتشف «هاردن» أن الأنزيم الصغير يحتوي على الفوسفور.

هذا يعني أن الفوسفور ضالع بشكل مباشر في التغيرات الجزيئية التي تجري داخل الأنسجة. فالفوسفاتات كانت جزءاً من الأنزيمات المساعدة التي تعمل مع العديد من الأنزيمات. ولم يكن هذا كل شيء.

إن مستخلصات الخميرة تخمر السكر بسرعة أول الأمر، ولكن نشاطها يتضاءل مع الوقت. والاستنتاج الطبيعي هو أن الأنزيم يتحلل تدريجياً. ولكن «هاردن» بين أن الأمر قد يكون غير ذلك. فإذا أضاف بعض الفوسفات غير العضوي للمحلول، يعود نشاط الأنزيم بأشد مما كان، ثم يختفي الفوسفات غير العضوي.

فماذا جرى لهذا الفوسفات؟ ولا بدّ له من أن يلتحق بشيء ما. وبحث «هاردن»، فاكشف أن مجموعتين من الفوسفات قد انضمتا إلى الفروكتوز، وهو سكر بسيط. والجزيء الناتج - «فروكتوز-1، 6 - ديسفوسفات» - يدعى أحياناً «إستر هاردن - يونغ» Harden - Young ester، تكريماً لـ «هاردن» ولمساعدته «و.ج. يونغ» W.J. Young.

يعتبر إستر «هاردن - يونغ» مثلاً «للوليطة الاستقلابي»، وهو مركّب يتكوّن في سياق الاستقلاب ما بين نقطة الانطلاق (السكر) ونقطة الانتهاء (الكحول). ومرة أخرى، فبعد تحقيق الخطوة الأولى، تتبعها خطوات أخرى، وهكذا اكتشف العديد من المركبات الاستقلابية الوسيطة التي تحتوي على الفوسفور.

ولكن لماذا تكون هذه الوسائط الاستقلابية التي تحتوي على الفوسفور مهمة؟ لقد اهتدى للجواب، عالم الكيمياء الحيوية الألماني - الأميركي «فريتز ألبرت ليمان» Fritz Albert Lipmann (1899 - 1986) وذلك سنة 1941. فقد

لاحظ أن معظم الفوسفاتات العضوية، تولّد عند حلّها بالماء وتفكك مجموعات الفوسفات، مقداراً من الطاقة يقارب المتوقع منها.

من جهة أخرى، فإن أملاح الفوسفات العضوية، تطلق عند حلّها بالماء، مقداراً أكبر من الطاقة. وهكذا أخذ «ليمان» يتحدث عن رابطة الفوسفات ذي الطاقة المنخفضة، ورابطة الفوسفات ذي الطاقة العالية.

يحتوي الغذاء على مقدار كبير من الطاقة الكيميائية. وهو عندما يتحلل، ينتج من الطاقة أكثر مما يستطيع الجسم امتصاصه بسهولة. وهناك خطر من ضياع معظم الطاقة. ولكن مع سير السلسلة الاستقلابية، يتولد في كل لحظة ما يكفي من الطاقة لتحويل رابطة الفوسفات الضعيف الطاقة، إلى رابطة فوسفات عالي الطاقة، ذي قدر مناسب منها.

والأمر أشبه بما لو كان الغذاء مؤلفاً من أوراق نقدية فئة المئة دولار، لا يتسنى للجسم صرفها، ولكن عندما يتحلل ويكوّن روابط الفوسفات العالي الطاقة، يصبح كما لو أنّ الأوراق النقدية فئة المئة دولار، قد استبدلت بأوراق من فئة الخمسة دولارات، يسهل تداول كلّ منها.

إن أكثر روابط الفوسفات العالي الطاقة - المألوفة والكلية الوجود في الجسم - تعود إلى جزيء يدعى: «أدينوزين تريفوسفات» ATP، وهو «هو» الذي يتولى شؤون الطاقة في الجسم. ولبضعة سنوات اعتبر ATP المركّب الفوسفوري الرئيسي للحياة.

ولكن، ومنذ العام 1869، قام الكيميائي السويسري «جوهان فردريك ميشر» Johann Frederick Mischer (1844 - 95) بعزل مادة عضوية من الصديد pus (القيح) تحتوي على الفوسفور. فنقل ذلك إلى رئيسه، عالم الكيمياء الحيوية الألماني «أرنست فليكس عمانوئيل هوب - سيلر» Ernst Felix Immanuel Hoppe - Seyler (1825 - 95) الذي كان يشك في قيمة الاكتشاف. في ذلك الوقت، كانت الليسيتين التي اكتشفت قبل 24 عاماً، وحدها المادة العضوية المعروفة التي تحتوي على الفوسفور، وكان «هوب - سيلر» يخشى التعرض للسخرية إن هو سمح لمختبره بتقرير وجود مادة أخرى، قبل «التأكد» من حقيقة الاكتشاف (وهذا هو العلم المسؤول!). وبعد مرور سنتين، توصل إلى عزل المادة من مصادر أخرى أيضاً، وانتهى أخيراً إلى الخلاصة بأنه اكتشاف حقيقي موثوق.

وبما أن نويات الخلية كانت تبدو غنية بهذه المادة، فقد دُعيت «نيوكليين» nuclein. بعد ذلك، ومع التعمق في كيميائها بشكل أفضل، أصبحت «الحمض النووي» nucleic acid.

وباختصار، فقد احتلت الأحماض النووية منذ العام 1944، مركزاً حساساً في نظر علماء الكيمياء الحيوية، وبخاصة النوع المسمى «الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين» deoxyribonucleic acid DNA، الذي يعتبر الآن مفتاح الحياة ومكوّنهما الأساسى. إنه «مخطّط بناء» البروتين، كما أن البروتينات (وبخاصة منها الأنزيمات) هي التي تضبط وتحكم كيمياء الخلية، وتصنع الفارق بينك وبينى، وبين أيّ منا وشجرة السنديان أو الأميبا الوحيدة الخلية.

قد يبدو الأمر إفراطاً على الأرجح في تبسيط الموضوع، ولكنى أميل بشدة إلى القول: «أن الحياة كلها هي الحمض النووي، أما الباقي فشرح أو تعليق...».

«ولا يسعني إلا أن أذكر «كورل» Coeurl، القزم السنورى الغادر فى قصة «أ. أي. فان فوغت»: «المدمرّ الأسود» الذي كان يعيش على كوكب غاض منه الفوسفور كلياً - ثم أحسّ بوجود الفوسفور فى عظام البشرى من المستكشفين، فور وصولهم فى مركبة فضائية. لقد نشر هذا سنة 1939، قبل مدة طويلة من إدراك أهمية الأحماض النووية!».

القسم الثاني

النظام الشمسي

القمر، ونحن

يمكنني أحياناً أن أستبق سؤالاً ما، وأن أكون مستعداً له. فمثلاً، لقد وجدتني منذ أيام، ضالِعاً في مناظرة من بُعد، مع ثلاثة آخرين من كتاب الخيال العلمي. كان اثنان منهما في سيدني - أستراليا، استعداداً لحضور المؤتمر العالمي حول الخيال العلمي المنعقد هناك. وكان الثالث في أوكلاند - نيوزيلندا - في طريقه إلى ذلك المؤتمر. أما أنا، فكنت في نيويورك لأنني لا أسافر.

كانت المناظرة حول «حرب النجوم» [للرئيس] «ريغان». اثنان من الكتاب يؤيدانها، واثنان يعارضانها. وكنت أحد المعارضين. ذهبت إلى استديوهنا في نيويورك. وفي الساعة مساءً شرعوا في تأمين الاتصال الثلاثي بين نيويورك وسيدني وأوكلاند، بمساعدة آخرين في لندن. واستغرق ذلك بعض الوقت.

كنت في العادة أفقد الصبر بسرعة، وأخذ في الزمجرة لدى مثل هذا التأخير، إذ تشيرني كل دقيقة بكوني في احتباس قسري عن آلي الكاتب. غير أني، هذه المرة، حاولت أن أبدو هادئاً - بل منشراحاً، لأنني كنت أتوقع السؤال الأول.

أخيراً تمّ الاتصال، وأسعدني أن قدموا لي السؤال الأول.
قال المضيف: «سيد عظيموف، هل تعتقد أن حرب النجوم سوف تكون ناجحة؟».

فأجبت بشيء كهذا: «إن حرب النجوم سوف تشمل في ما تشمل، حاسبات إلكترونية أشد تعقيداً بكثير ممّا هو لدينا حالياً، وأجهزة لم يتم تطويرها بعد، وعدداً من العمليات التي لم يسبق أن قمنا بها أبداً. بعد أن ننتهي من إعداد كل ذلك - إذا تمكنا - فسيكون النظام الأكثر تعقيداً بكثير من كل ما سبق لنا أن عملنا به. ولن تسنح الفرصة لاختباره ميدانياً إلا إذا اختار الاتحاد السوفياتي أن يشنّ هجوماً نووياً شاملاً. عندها، سيكون على النظام أن يعمل، ولأول مرة، بانطلاق مدروس، وبدقة وفعالية مثاليين، وإلا فالحضارة سوف تدمر.

ثم إن لدينا الراديو منذ ثمانين عاماً، والأقمار الاصطناعية للاتصال منذ خمسة وعشرين عاماً. وعندما أردنا تأمين الاتصال بهذه الوسائل القديمة والمجربة جيداً، استغرق ذلك معكم خمساً وثلاثين دقيقة من الضبط والتنسيق. فبصراحة، هل تعتقدون «أنتم» بأن حرب النجوم سوف تكون فعالة، وهل تقبلون المغامرة بالعالم فيها؟».

ومع أنني لا أحب الدخول في المناظرات، فلا بدّ لي من الاعتراف بأنني كنت سعيداً في تلك اللحظة.

ولكن هنالك أحيان «لا» أتوقع فيها الأسئلة أو استبقها. وقد برز موضوع هذا المقال من أمرٍ فاجأني كلياً. وها هو:

إنني أكتب افتتاحية لكل عدد من «مجلة إسحاق عظيموف للعلوم الخيالية»، حول بعض الموضوعات التي تهتم الخيال العلمي.

وفي عدد أيار/مايو 1985، كتبت افتتاحية بعنوان «ضوء القمر»، مستوحاة من الأفلام السينمائية التي شاهدها، حيث يتحوّل الرجال إلى ذئاب أو يتخذون سلوكاً شاذاً وعنيفاً، في ليالي البدر الكامل. مضمون ذلك، أن ثمة شيئاً في ضوء القمر المكتمل (البدر) يؤثر تأثيراً مشؤوماً على الجسم البشري (القمر يكتمل مرة واحدة في كل شهر بالطبع، ولكنه، في تلك الأفلام كان يكتمل كل يومين. . على نفس المبدأ حيث المسدس ذو الطلقات الست في أفلام «الغرب»

يطلق معدل سبع وثلاثين رصاصة دفعة واحدة من دون إعادة تذييره). ولكن في ملاحظة أكثر «علمية»، يذكر الناس باستمرار أن نسبة جرائم القتل وحوادث الانتحار وأعمال العنف عموماً، ترتفع مع اكتمال البدر. ومضمون هذا أيضاً أن ثمة شيئاً غريباً ومخيفاً في ضوء القمر آنذاك. وهكذا تأملت في افتتاحيتي احتمال أن يكون هناك، حقاً، أي تفسير عقلائي للتبدلات الدورية في السلوك البشري، التي تتزامن مع أطوار وأوجه القمر.

بالتأكيد، ما من شخص عاقل يمكنه الاعتقاد بأن مجرد ضوء القمر، يؤثر جدياً في المخلوقات البشرية. فهو بعد كل شيء، ليس سوى نور الشمس المنعكس والمستقطب نوعاً ما. وحتى ولو كان لضوء القمر من تأثير، فلماذا يكون هذا التأثير وفقاً على القمر المكتمل (البدر) في حين أن الهلال (الربع الأول أو الربع الثالث)، أو حتى قبل يوم أو بعد يوم من اكتماله، لا تأثير له البتة. أعتقد أن لا أحد يصر جدياً على أن ضوء القمر ليلة اكتماله، يختلف عنه في الليالي الأخرى، إلى درجة يُحوّل إنساناً إلى ذئب. فبالنسبة إليّ، لست أرى كيف يمكن لمثل هذا الضوء أن يؤثر في السلوك البشري بأي طريقة خاصة. بالطبع، قد يقول أحدهم إن تأثير ضوء القمر غير مباشر. فليلة اكتمال البدر تكون أكثر استنارة من الليالي الأخرى، وهذا ما يشجع النشاط الليلي، وبالتالي الجرائم الليلية. . ولكن، لننظر في هذا:

1- إن الليل يكون ذا نور جيد طوال الأسبوع البدري، وهو ليس أكثر استنارة بكثير منه في الليلة التي تسبق أو تتبع اكتمال القمر. فلماذا كل هذه الضجة حول ليلة البدر الكامل بالذات إذن؟

2- غالباً ما تكون السماء غائمة، وبالتالي قد يكون الليل مظلماً حتى في ليلة اكتمال البدر. فهل تقع كل الأحداث المميزة التي تنسب إلى البدر المكتمل، في الليالي الصافية دون سواها؟ لم أسمع بشيء من هذا.

ولكن قد يناقش أحدهم كوني لم أدرس «تأثير القمر» بالتفصيل، أو يزعم أن مستوى الجريمة والسلوك الشاذ، يرتفع «فعلاً» ثم ينخفض مع مستوى النور الليلي، وأنه أكثر بروزاً عندما تكون السماء صافية، منه عندما تكون غائمة. وأنا أشك في ذلك، ولكن دعنا نسلم به جديلاً وننتقل إلى النقطة التالية.

3- إن مثيري الضجة حول أطوار القمر الذين يعتقدون أن الإنارة القمرية

الليلية أمر ذو أهمية، يعيشون - في أحسن الحالات - عالم ما قبل قرن من الزمن. فنحن نعيش اليوم في عصر الإنارة الاصطناعية؛ وليلة بعد أخرى، نرى المدن الأميركية بقوة تُخرج علماء الفلك عن صوابهم وهم يشدون الظلام الذي يُسهّل عليهم أبحاثهم ومشاهداتهم أو أرصادهم. فماذا يعرف الرجل العادي عن أطوار القمر في هذه الأيام، ومن يهتم بذلك؟ وضوء القمر، سواء كان مكتملاً أو شبه مكتمل أو معدوماً، لا يشكل فارقاً في مستوى الإنارة الإجمالي لأي منطقة مأهولة إلى حد ما في الوقت الحاضر.

ولكن قد يزعم أحد أن تأثير القمر أبعد حساً من ذلك المقصود بضوئه. فقد يتوقف تأثير القمر على شيء لا يواجه منافسة من الإنارة الاصطناعية، فيخترق أي غيوم قد تتواجد، ويبلغ حدّه الأقصى مع اكتمال البدر. والأسئلة كثيرة. ولكن الواقع أن للقمر تأثيراً فعلياً على الأرض، وهو تأثير مستقل تماماً عن ضوئه؛ ولا يواجه منافسة من أي شيء أرضي؛ ويخترق بالفعل الغيوم وأي حاجز آخر محتمل، إلا أنه ليس قوة سريّة بنوع خاص؛ هذا التأثير هو جاذبية القمر.

للقمر تأثير مَدّي^(*) على الأرض، كنتيجة لحقل جاذبيته. فالجزر يكون عند طلوع القمر وعند مغيبه، والمدّ عندما يكون القمر في منتصف رحلته بين غروبه وطلوعه، سواء كان مروّره بخط الطول عالياً في السماء، أو كان بعيداً أقصى البعد تحت الأرض، في خط الطول المقابل من الجهة الأخرى للكرة السماوية.

الأكثر من ذلك، إن المد يكون في أقصى حدّه المعتاد أو أدناه، مع تبدل الموقع النسبي للقمر والشمس، ما دام حقل جاذبية هذه الأخيرة يؤدي إلى المدّ (ولو أقل من فعل جاذبية القمر). وهذا يعني أن المدّ يكون أعلى أو أدنى مع تغيّر أطوار القمر، إذ أن التأثير المَدّي يتوقف كذلك على المواقع النسبية للقمر والشمس.

ففي طور البدر (القمر المكتمل) وفي طور الهلال (القمر الجديد) يكون جذب كل من القمر والشمس، على خط واحد [أي مترافدين] وبالتالي يكون عندها المد في أعلى حدوده، والجزر في حده الأدنى. وعندما يكون القمر في

(*) ما يتعلق بحركة المدّ والجزر - المترجم.

الربع الأول أو الثالث، يكون جذب القمر والشمس متعامدين، أي بزوايا قائمة أحدهما مع الآخر. عند ذاك، يكون المد في ارتفاعه الأدنى، والجزر في انحساره الأقل.

بكلمة أخرى، هنالك دورتان للمد، إحداهما دورة ارتفاع وانحسار بسيطة تتكرر كل يوم مرتين، والأخرى دورة مدّ وانحسار بطيئين، تتم في غضون شهر. والسؤال إذن: أي من هذين الإيقاعين المتكررين في المد، يمكنه التأثير في سلوك البشر؟ فإن كان ثمة من تأثير، فهو حتماً من النوع الذي لا يجعلنا نشعر به. فهل بإمكان أحد أن يزعم بأنه يحسّ في نفسه ارتفاع المد أو انحساره؟

بالطبع، قد يكون لإيقاعات المد تأثير علينا، لا نستطيع اكتشافه عادةً. فهي تؤثر على التوازن الهرموني في دمنّا، فتجعلنا أكثر ميلاً أو تعرضاً للجثام (أي الكابوس) أو لحالات الغضب اللاعقلانية، أو للانهيّارات العصبية العميقة، خلال بعض أطوار القمر.

ولكن كيف يمكن للإيقاع المدّي أن يفعل ذلك؟ قد نميل إلى التحدث عن قوى أو تأثيرات مجهولة - إلا أن هذا النحو يكمن في «الممبوجمبو»^(*). يمكن الإجابة عن هذا بكلمة: «هراء!» لقد مر زمان، قبل العام 1801، لم تكن الأشعة فوق البنفسجية معروفة فيه، ومع ذلك كانت تسبب «سفع الشمس» (الحروق الشمسية) وذلك حتى 25 000 سنة ق. م.!

ولنفترض أن إنساناً «كرو-مانيونيّاً»^(**) Cro - Magnon قال، قبل 25 000 سنة ق. م.: «لقد سفعتني الشمس بفعل أحد المكوّنات المجهولة في أشعتها»، فهل يكون هذا «هراء» أو يكون حالة استثنائية من البصيرة؟

وقبل أن نصوّت لصالح البصيرة، فلنتصوّر أن الرجل الكرو-مانيوني نفسه، كان يمكنه أن يقول بكل بساطة: «يجب أن أكون زعيم القبيلة، لأن عنصراً مجهولاً من أشعة الشمس يملأني بالبركة والقوة الإلهية، مما لم يتيسّر لأي منكم».

بكلمة أخرى، إذا تعامل أحدنا مع أي قوة مجهولة لا يمكن اكتشافها، فإن

(*) بمعنى الترهات أو الخرافات - المترجم.

(**) الإنسان الكرومانيوني: إنسان ما قبل التاريخ، وجدت بقاياها في كهف «كرومانيون» بفرنسا - المترجم.

بإمكانه أن ينسب إليها أي شيء على العموم، ولن يكون لدينا مبرر للقول ما إذا كان أي تقرير خاص نضعه عن ذلك، صحيحاً أو خاطئاً. في الواقع، ما دام احتمال وجود الآراء الخاطئة أكثر بكثير من احتمال وجود الآراء الصحيحة (مثلاً: لعملية $2 + 2$ جواب صحيح واحد، وعدد غير محدود من الأجوبة المغلوطة، حتى مع التقيد بالأعداد الكاملة) فإن كل ما نقوله عن أشياء نجهلها، سيكون مغلوطاً بدون شك.

فالاختباء وراء المجهول إذن، لا بد وأن يقودنا عملياً إلى الضلال. وهذا ما لا يجوز، ما دمنا نلعب لعبة العلم.

وقد يقول الناس: «نحن لا نتحدث عن قوة مجهولة، بل عن التأثيرات المدّية. فالمد ظاهرة ملموسة في المحيطات التي هي محلول شاسع من المياه المالحة. والأنسجة البشرية مكوّنة في معظمها من الماء المالح. وطبيعي أن يؤثر فينا المدّ كما يؤثر في المحيط، وبالتالي فعندما نتحدث عن البدر المكتمل، فإننا نتحدث عن المدّ في الجسم البشري».

ويكون المدّ عالياً كذلك في طور الهلال (القمر الجديد)، إلا أن ما يتحدث عنه الناس دائماً، هو طور البدر (المكتمل) على نحو ما. مع ذلك، فلننسّ هذا الآن، ولننتقل إلى نقطة أخرى.

إن تأثير المد، يتناول الأرض بكاملها. فثمة تأثير في الجو والطبقة الأرضية الخارجية الصلبة، كما في المحيطات. ولكن الذي يحدث هو أن المدّ في المحيطات يمكن ملاحظته بشكل ظاهر في المشاهدة العَرَضِيَّة. وبالتالي لا يمكننا أن نلوم في شيء الطبيعة المائية للأنسجة البشرية.

على هذا يمكن القول: «هذا لا يهم. إذا كان المدّ يؤثر على كامل الجسم البشري، فما هو إلا زيادة في التأكيد». فلننتقل إذن إلى نقطة أخرى، أكثر أهمية.

أن التأثير المدّي، ينتج عن التغيرات في قوة الجاذبية بين مكان وآخر. وتتغيّر شدتها مع مربع البعد عن الجسم ذي الجاذبية. فالجهة من الأرض الأقرب إلى القمر، تخضع لقوة جاذبية أشد مما تخضع له الجهة البعيدة عن القمر. وهذه الأخيرة أبعد عن القمر بمسافة 12 756 كلم من الجهة القريبة. وتمتد الأرض تحت وطأة الفارق في الجاذبية، وهذا ما يسبب انتفاخها الضئيل في طرفيها، القريب من القمر والبعيد عنه - وهو المدّ.

ولو كنا نتعامل مع حجم أصغر من حجم الأرض، فسيكون الفارق في المسافة بين الجهة القريبة والبعيدة عن القمر، أصغر من ذلك، وكذلك التأثير المدي سوف يكون أضعف، بنسبة مربع مدى الفارق في الحجم.

بالنسبة إلى كائن بشري يقف تحت القمر عندما يكون في كبد السماء، فسوف تكون قدماء أبعد عن القمر من رأسه بحوالي 1,8 متر، أي أن الأرض أكثر كثافة من الإنسان بحوالي 7 ملايين مرة. فإذا ربّعنا هذا الرقم يتبين أن ما نقوله عن تأثير القمر المدي على الجسم البشر سوف يكون $1/50\ 000\ 000\ 000\ 000$ أي جزء واحد من خمسين تريليون جزء من الأرض.

فهل يُعقل أن يحدث هذا التأثير المدي الأصغر من الصغير أي فارق ملحوظ في سلوك الكائن البشري؟.

وإذا كنا نبحث عن «شيء» فإليكم ما قلته في افتتاحيتي :

... من المؤكد أن دورة المد والجزر تؤثر على المخلوقات التي تقضي معظم حياتها على الشواطئ أو قريباً منها. فانهيار المد وارتفاعه لا بد وأن يدخل في حياتها الحميمية. وهكذا فإن أوان ارتفاع المد قد يكون الفرصة الملائمة لوضع البيض مثلاً. وبالتالي فإن سلوك مثل هذه المخلوقات قد يبدو متوقفاً على أطوار القمر. وهذا ليس لغزاً إذا ما اعتبرنا الصلة بين القمر والمد والسلوك. ولكن إذا استبعدنا الخطوة الوسيطة، واعتمدنا الصلة بين القمر والسلوك فقط، نكون قد حولنا النظرة العقلانية إلى نظرة شبه روحية غامضة.

ولكن أي صلة يمكن أن تكون بين الديدان والأسماك التي تعيش على حد البحر وبين الكائنات البشرية؟

هناك بالطبع صلة تطورية. قد نعتبر أنفسنا «الآن» بعيدين جداً في صلة القرى عن المخلوقات المديّة، ولكننا نتحدر من متعضيات كانت على الأرجح تعيش قبل 400 مليون سنة في البيئة المشتركة بحر-بر، وتتأثر تأثيراً عميقاً بالإيقاعات المديّة. أجل. ولكن هذا كان قبل 400 مليون سنة. فهل يمكننا الزعم أن حركات المد والجزر منذ ذلك الزمان ما زالت تؤثر فينا إلى الآن؟ يبدو هذا مستبعداً، ولكنه احتمال يمكن تصوره.

ومع ذلك... فما زالت لنا عدة فقرات عظمية في الطرف الأسفل من عمودنا الفقري، تمثل كل ما تبقى من ذيل فقدته أجدادنا الأوائل منذ 20 مليون سنة على الأقل. لدينا إذاً قسم من ذيل، هو ما تبقى من عضولم يستعمل حتى منذ زمن أطول... فلماذا لا تكون هنالك أيضاً بقايا من خصائص الأجداد الكيميائية - الحيوية والنفسية؟ ويشكل خاص، لماذا لا نكون قد احتفظنا ببعض من مظاهر الإيقاعات المديّة؟..

بهذه الطريقة، كَوْنَتْ حجة بأن الإيقاعات المدّية قد تؤثر فينا، بوصفها بقايا أثرية من سلوك يعود في التاريخ إلى أجداد كانت بالنسبة إليهم بمثابة الحياة والموت. وهذا يُقَدِّم على الأقل هيكلاً عقلياً قد نعلّق عليه قضية «تأثير القمر». وعلينا أن نقوم بمشاهدات سريعة وجادة، مثلاً حول ارتفاع وانخفاض التركيزات الهرمونية مع حركات المد والجزر، وأن نبرهن كيف يمكن لهذا أن يؤثر في السلوك. ما خلا ذلك، فكل ما لدينا لا يعدو كونه أدلة قصصية غير جديرة بأي ثقة.

كنت أعتقد بأنني تناولت الموضوع بعناية وتفصيل موضوعي (كما أفعل هنا - بل وحتى بمزيد من العناية والموضوعية) ولكنني تلقيت في حينه رسائل من نوع لم أكن أتوقعه أبداً، تطرح سؤالاً أوقعني في ذهول المفاجأة. كانت تلك الرسائل تسأل: لماذا أهملت الإشارة إلى العلاقة الواضحة بين القمر وبين الطمث (الحيض)؟

والأكثر من هذا، أن لهجة تلك الرسائل (وجميعها بالمناسبة صادرة عن سيدات)، كانت مروعة بالنسبة إليّ شخصياً، لقد بدا أنهن يعتقدن بتصميم، بأن لدي دافعاً جنسياً في عدم مناقشة الموضوع، وبأنني بكل بساطة، ما دام الطمث ظاهرة أنثوية بالحصر، نبذته كأمر تافه لا يستحق الذكر. واتهمتي أكثر من رسالة، بأنني «نسييت» 51٪ من الجنس البشري.

فلماذا إذن، لم أذكر الطمث؟ ببساطة، لأنه لم يخطر لي إطلاقاً أن أي شخص يفكر به، يمكن أن ينسبه إلى القمر.

بالتأكيد، أن الدورة الحوضية عند الإناث البشرية تبدو في طول دورة أطوار القمر. والتطابق ملحوظ بحيث أن كلمة الحيض menstruation مشتقة من اللاتينية «منسيس» mensis التي تعني «الشهر». - ولكن ما قيمة هذا؟ نحن نطلق على سكان أميركا الأوائل إسم «الهنود» لان «كولومبوس» Columbus تخيل انه وصل إلى الهند. ولكن كوننا نطلق عليهم هذه التسمية لا يعني أن الولايات المتحدة جزء من الهند.

في هذا المجال، لا بد من أن نأخذ بالاعتبار أن من بين سائر الحيوانات، وحدها الحيوانات الرئيسة Primates تحيض. وتتفاوت فترة الحيض كثيراً بين مختلف الأجناس الرئيسية، بحيث أن الكائنات البشرية هي واحدة في الأفضل بين أجناس قليلة ذات دورة حيضية قريبة من الشهر. فلماذا أردنا اعتبار القمر

مسؤولاً عن هذه الدورة، كان علينا أن نشرح لماذا يكون تأثير القمر محصوراً إلى هذه الدرجة من الدقة، ولماذا يخصّ تأثير القمر الكائنات البشرية، مستبعداً بشكل شبه كلي، الأجناس الأخرى؟

ثم عندما تتأثر بعض الأجناس بدورة ما، يستجيب سائر أفرادها بالطريقة عينها تقريباً. فعندما تشرع شجرة من جنس معين وفي منطقة معينة بنشر أوراقها، فإن جميع الأشجار الأخرى تفعل ذلك وخلال الفترة ذاتها. وعندما يعود طائر الخُطاف (السنونو) إلى «كاپيسترانو» Capistrano مثلاً، تحذو حذوه الطيور الباقية.

ويمكن التوقع إذن، بأن النساء جميعاً - ما دمن تحت تأثير أطوار القمر، سواء عبر الإيقاعات المديّة أو عبر أي وسيلة أخرى - لا بد وأن يتزامن حيضهن مع طور معيّن من أطوار القمر. إلا أن الأمر ليس كذلك. فما من يوم في السنة إلا ويبدأ معه الطمث عند أقلّ بقليل من 4/7 من النساء - في السنّ والشروط الملائمة، وذلك أيّاً كان طور القمر.

وللتأكيد، لقد سمعت بأنه لو وضعت مجموعة من النساء في مكان منعزل مغلق، لكانت دورات حيضهن تميل إلى البدء والتساوي والانتهاه بشكل متزامن. فالمفترض أنهن يتأثرن ببعضهن البعض. قد تكون هنالك رائحة طمئية رقيقة تميل إلى تحفيز بدء الطمث. ولكن حتى ولو حدث هذا، فلإني لم أسمع قط أن الحيض المتزامن كان يحدث دوماً في طور معيّن من أطوار القمر، بل انه كما يبدو، قد ينتظم خلال «أي» طور وبلا استثناء.

في هذه الحال، قد يُقال أن تفاصيل الدورة ليست هي المقصودة بالعلاقة مع القمر، بل «طول» الدورة وحده.

الواقع هو أنني ذكر وليس لي أي خبرة شخصية في دورة الحيض، ولكني ذو ملاحظة معقولة، وأعرف جيداً أن النساء يستغربين دائماً إذا ما بدأ طمهن قبل يوم أو اثنين أو ثلاثة من موعده، كما يشعرن بالارتياح (أو بالفزع، حسب الظروف) إذا ما تأخر عن موعده يوماً أو يومين أو ثلاثة.

وباختصار، أعتقد أن طول دورة الحيض غير منتظم إطلاقاً، في كون تنتظم فيه أطوار القمر غاية الانتظام.

ولكن، قد نسمع من يقول: «أن الشذوذية (عدم الانتظام) ليست مهمة، فمتوسط طول دورة الحيض هو 28 يوماً، وهذا هو طول دورة أطوار القمر،

وبالتالي طول الإيقاعات المدّية».

آسف. ولكن هذا ليس طول دورة أطوار القمر. وسأشرح لماذا:

يدور القمر حول الأرض (بالنسبة إلى النجوم) في 3216614. 27 يوماً، أو 27 يوماً و 7 ساعات و 43 دقيقة و 11.5 ثانية. ويمكن أن نقول: سبعة وعشرين يوماً وثلاث اليوم (27 1/3) دون أن نبتعد كثيراً عن الرقم الصحيح. وهذا ما يسمى «الشهر الفلكي» (أو النجومي) من الكلمة اللاتينية بمعنى «برج» أو «كوكبة» أو «نجم».

إلا أن الشهر الفلكي لا يعني سوى علماء الفلك، إذ لا علاقة له بأطوار القمر، علماً بأن الشعوب القديمة كانت تحدد الشهر عن طريق دورة الأطوار. وتتوقف الأطوار على أوضاع القمر والشمس. فهي الفترة بين هلال وهلال حيث يكون القمر والشمس متقاربين إلى الحد الأقصى في السماء، فيجتاز كل منهما خط الطول عند الظهر، أو هي بين بدر وبدر حيث يكون القمر والشمس في وضعين متقابلين مباشرة في السماء، فتجتاز الشمس خط الطول ظهراً، ويجتازه القمر في منتصف الليل.

ولكي نجد هذه الفترة، علينا أن نتصوّر أن القمر ينطلق مع الشمس، ويدور في السماء إلى أن يعود إليها ثانية (أي من هلال إلى هلال). ولكن بما أن القمر يدور حول الأرض في 27 1/3 يوماً، أفلا يكون قد عاد إلى الشمس من جديد بعد 27 1/3 يوماً؟ كلا. لأن الشمس ليست ثابتة في مكانها.

تدور الأرض حول الشمس خلال 365. 2422 يوماً. وهذا ما يجعل الشمس تبدو وكأنها تتحرك من الغرب إلى الشرق عبر السماء (بالنسبة إلى النجوم). فلو انطلق القمر مع الشمس واتجه من الغرب إلى الشرق ليعود إلى نقطة انطلاقه (بالنسبة إلى النجوم) بعد 27 1/3 يوماً، تكون الشمس قد تحركت إلى الشرق خلال هذه الفترة، ويتوجب على القمر استغراق وقت إضافي للحاق بالشمس بحيث يكون في طور الهلال من جديد. ويتبين أن هذا الوقت الإضافي هو يومان ونصف اليوم (2 1/2)، وبذلك يكون متوسط الفترة بين هلال وآخر 29. 5305882 يوماً، أو 29 يوماً و 12 ساعة و 44 دقيقة و 8.2 ثانية. ويمكن اعتبار هذا تسعة وعشرين يوماً ونصف اليوم (29 1/2) دون أن نبتعد كثيراً عن الرقم الصحيح.

وتسمى هذه الفترة (291/2 يوماً) «الشهر السنودسي»، من الكلمة اليونانية التي تعني تجمعاً دينياً، ذلك لأن تحديد وقت الهلال كان متروكاً للكهنة، كي يبدأ الشهر في الوقت المناسب وحسب الطقوس الملائمة.

ولكن طول دورة الطمث هو 28 يوماً، في حين أن دورة أطوار القمر هي 29 1/2 يوماً. أفلا يكفي هذا التقارب؟ إنهما شبه متساويين.

كلا. إن هذا التقارب غير كافٍ. فلو كان لأطوار القمر وفترات المدبعض العلاقة مع دورة لطمث، لكان من الضروري أن تتزامن الفترتان. ولكنهما لا تتزامنان.

ولنفرض أن إحدى السيدات، ذات دورة حيضية غاية في الانتظام، يبدأ طمثها يوم يكون القمر بدرّاً كاملاً. فلو كان لخراقة علاقة القمر بدورة الطمث أي معنى، لوجب أن يبدأ الطمث التالي يوم اكتمال البدر من جديد، وكذلك الطمث الذي يليه في يوم اكتمال بدر آخر، وهكذا إلى ما لا نهاية.

إلا أن هذا لا يحصل. فالسيدة ذات الطمث المنتظم جداً في دورته، سوف يبدأ طمثها التالي قبل يوم ونصف اليوم من اكتمال البدر، كما يبدأ الطمث الذي يليه قبل ثلاثة أيام، والطمث الثالث قبل أربعة أيام ونصف اليوم من اكتمال البدر.

وبالتدريج، سوف يبدأ طمث السيدة في أطوار قمرية متفاوتة قليلاً، حتى ما يقرب من عشرين دورة حيضية. ومع ذلك، فالطمث العشرون نفسه لن يبدأ بالضبط يوم اكتمال البدر.

إن 59 دورة حيضية منتظمة، تستغرق 1 652 يوماً (أكثر بقليل من 4 سنوات ونصف السنة). ويستغرق 56 شهراً سنودسياً 1 652 يوماً كذلك. وهما أصغر عددين من الدورتين، يتزامن فيهما الطمث مع اكتمال البدر. وهذا يعني أنه ابتداءً من الطمث الذي ينطلق يوم اكتمال البدر، لن يحدث أي تزامن بين بدء الطمث واكتمال البدر، قبل انقضاء أربع سنوات ونصف السنة.

فبالإجمال إذن، وبصرف النظر عن أي تقسيم نعتمد، لا نجد أي علاقة بين القمر وبين الطمث بأي حال.

ولكن كيف أشرح والحالة هذه، كون دورة الطمث قريبة إلى هذا الحد من طول الشهر السنودسي، إذا لم يكن للقمر علاقة في ذلك؟.

حسنً. «هنالك» شرح، ولكنه غير مثير على الإطلاق، وقد لا يوافق

العديد من الناس على تقبله .

إنه يدعى : «المصادفة» .

وأتساءل الآن، ما إذا كانت هذه النظرة سوف تسيء إلى بعض النساء ممن يقرأن هذا المقال . فهل هنالك من سبب يجعلهن «يرغبن» في أن تكون هناك علاقة بين الحالات الجسدية وبين القمر؟

قد يكون . وقد يمنحهن ذلك شعوراً بالأهمية، في تصوّر علاقة مع القمر ليست للرجال . .

بيد أنها علاقة غير موجودة . وفي رأيي الشخصي أن النساء رائعات بما فيه الكفاية، مما يغنيهن عن الاستعانة بوهم خرافي .

كوكب نأنف من ذكره

عوداً إلى الخمسينات، حيث قمت بكتابة سلسلة من ستة كتب في المغامرات لصغار القراء، تُصوّر فتى اسمه «لاكّي ستار» Lucky Starr. كان كل كتاب يتناول كوكباً من النظام الشمسي، بالترتيب: المريخ، الكويكبات^(*)، الزهرة، عطارد، المشتري وزُحل. أما الكتاب السابع (الذي لم يُكتب أبداً) فكان مُعدّاً للكوكب «بلوتو» Pluto. ولا أخالني فكرت يوماً بتناول الكوكب «يورانوس» Uranus.

ويبدو أن يورانوس هو آخر ما يشير الاهتمام من بين سائر الكواكب، إذ أن لكل منها ميزة لافتة، تجعل منه موضوعاً منطقيّاً لأقاصيص الخيال العلمي. فعطارد، هو أقرب الكواكب إلى الشمس؛ والزهرة، أقربها إلى الأرض؛ والمريخ، أكثرها تداولاً بين الناس؛ والمشتري، أكبرها إطلاقاً؛ وزُحل هو ذو الحلقات؛ ونيبتون، أبعد الكواكب العملاقة؛ أما بلوتو فهو أبعد جسم سيار من أي حجم، يمكن رصده في مداره.

يورانوس؟ ماذا عن يورانوس؟

(*) مفردهما «كويكب» (تصغير كوكب) asteroid.

هل أُغفل لكونه خلواً من أي ميزة لافتة؟ بالطبع لا. وأظن أن السبب يعود، جزئياً، إلى عائق ناتج عن إسمه المنكود، وهو إسم - في الإنكليزية على الأقل - لا يُباح ذكره.

لقد تعلمت هذا بطريقة جارحة.. ففي أيام طفولتي الطائشة، عرفت أن يورانوس Uranus (وعلى الأصح Ouranos) كان إله السماء الإغريقي، كما عرفت، بالتالي، إن إلهة علم الفلك كانت «يورانيا» Urania «يو-راي-نيه-يو» Yoo - RAY - nee - uh. وعرفت، إلى ذلك، أن أحد العناصر الطبيعية سُمي لدى اكتشافه «يورانيوم» Uranium بسبب الكوكب المكتشف حديثاً يومذاك، يورانوس، وأنه كان يُلفظ «يو-راي-ني-يوم» Yoo - RAY - nee - um.

بدا لي واضحاً إذن، أن اسم الكوكب يُلفظ «يو-راي-نوس» Yoo - RAY - nus فأخذت ألفظه على هذا الشكل. كنت متأكداً من ذلك بحيث لم أكلّف نفسي بمراجعة المعجم، ولم تسعفني الحكمة ولو لمرة واحدة، فألحظ أن اسم الكوكب الذي كنت ألفظه على هذا النحو، كان جناساً (أي بنفس اللفظ) للجملة «يور-أنوس» Your anus ومعناها «شرجك» أو «أستك».. وجاء وقت لفظ فيه أحدهم الاسم، مشدداً على المقطع الأول. فسارعت إلى «تصحيحه» على طريقتي المتعالية التي لا تُحتمل.. وقام جدال، احتكنا فيه إلى المعجم. وللأسف الشديد، خسرت! وكأني بالمتصر لم يكتف بهذا الحد من الانتصار، حتى سحقني إذ نبهني إلى طبيعة لفظي المنافية للذوق والحشمة..

بيد أن واقع الحال، إن كلمة يورانوس التي تُلفظ «يو-ري-نوس» Yoo - rih - nus ليس أفضل بكثير، إذ تكون عندها جناساً لكلمة «يورينوس» (أي بولي) التي تعني «كل ما هو في مظهر وخصائص ورائحة البول!» النتيجة أن أيّاً من اللفظين البديلين لاسم الكوكب، كربه المذاق في اللغة الإنكليزية، وبالتالي فإن الناس يتجنبون ذكره. وأنا، بالطبع، أعرف الحل. فيما أن تنبئ الصيغة اليونانية لاسم يورانوس - والتي تُلفظ «أو-ري-نوس» OO - rih - nus، وإما أن تلفظ الكلمة مع «ا» غير ممدودة، «يو-ران-يوس» YOO - RAN - US. وبما أن هذين الاقتراحين «معقولان»، فلن يحظيا بالتبني..

ولكن في أوائل العام 1986، كان الكوكب يورانوس يحتل الصحف، وكان

على الناس أن يلفظوا اسمه. لذلك سأتعامل الآن مع كوكبنا وأنا متنبّه للأمر. لقد سبق لي أن تناولته في مقالات سابقة من هذه السلسلة، ولكن كل ما كان قبل كانون الثاني/يناير 1986، هو من التاريخ القديم بالنسبة إلى يورانوس.

سنة 1977، أطلق مسباران^(*) فضائيان probe، «فوياجر - 1» (Voyager) و«فوياجر - 2» في اتجاه المشتري وزحل، لدراسة هذين الكوكبين العملاقين، فتجاوزا المشتري سنة 1979 وزحل سنة 1980، وكانا يعملان بانتظام. بعد ذلك، خرج «فوياجر - 1» عن مستوى المدار الكوكبي وانطلق على غير هدى، بعيداً في غور الفضاء إلى ما لا نهاية.

أما «فوياجر - 2»، فقد أعيد توجيهه في سيره، بحيث يمر قريباً من كوكبين بعيدين، يورانوس ونبتون. والأكثر من ذلك أنه تم ضبط الأجهزة التي يحملها عبر سلسلة من الخطوات البارة، بحيث يكون - عند بلوغه الكوكب يورانوس آخر الأمر - أفضل تجهيزاً لدراسة الكوكب مما كان عليه لدى إطلاقه، سنة 1977.

إن يورانوس أصغر حجماً بشكل بَيّن، من المشتري ومن زحل. فقطره البالغ 51 000 كلم (32 000 ميلاً)، لا يزيد عن حوالي ثلاثة أسباع (3/7) قطر زحل، وعن ثلث (1/3) قطر المشتري. ومع ذلك فهو أكبر من قطر الأرض بستة أضعاف ونصف الضعف (6.5)، وبالتالي فهو يعتبر «عملاقاً غازياً» أيضاً. وإذا نظرنا إليه بطريقة أخرى، نرى أن كتلة يورانوس تعادل 2/13 من كتلة زحل، و 1/22 من كتلة المشتري، إلا أنها أكبر من كتلة الأرض بأربعة عشر ضعفاً ونصف الضعف (14.5).

إن محاور دوران^(**) معظم الكواكب هي على زاوية قائمة تقريباً مع مستوياتها المدارية حول الشمس. بكلمة أخرى، إذا نظرنا إلى الكوكب في السماء، نرى أن محور دورانه قريب عادةً من الخط العمودي، مع ميل طفيف. فمحور كل من الزهرة والمشتري يميل بزاوية 3 درجات عن الخط العمودي؛ ويميل محور الأرض بزاوية 23.5 درجة؛ ومحور المريخ 24 درجة؛ ومحور زحل

(*) أداة للسبر - والمقصود هنا مركبة فضائية علمية.

(**) المقصود هنا دورانها حول ذاتها، أو التدويم - المترجم.

27 درجة تقريباً؛ ومحور نبتون حوالي 29 درجة؛ أما ميل محور عطارد فغير أكيد، إلا أنه دون 28 درجة.

إذا كان النظام الكوكبي قد تشكل من سحابة غبار وغاز ضخمة، تُدوم حائمة في دوارات ودوارات فرعية، فالمفترض أن تكون محاور الكواكب جميعاً، عمودية على مستوى المدار حول الشمس بكل دقة.

إلا أن الكواكب تكونت من تجمع أجسام دونها. ولو جاءت هذه الأجسام بالتساوي من مختلف الاتجاهات، لبقيت المحاور عمودية. ولكن المرجح أن الاتجاهات التي جاءت منها صدمات الأجزاء الكبيرة المكونة أخيراً، لم تكن متوازنة ومتعادلة، فانحرفت المحاور قليلاً عن وضعها الصحيح، وبمقدار عشوائي.

وهكذا، فلا بد أن يكون الكوكب يورانوس قد تلقى، أثناء تكوينه، صدمة أو صدمات عنيفة بقدر ما يشاء له طالع، من نفس الاتجاه تقريباً، سبب ذلك الميل الكبير في محوره، 98 درجة - أي أكثر قليلاً من الزاوية القائمة. وهذا يعني أن يورانوس يدور حول محوره على جانبه. وبمشاهدة هذا الكوكب في السماء، نرى محوره يمتد من اليسار إلى اليمين، بدلاً من أعلى إلى أسفل.

يدور يورانوس حول الشمس في 84 سنة. ولسبب ميل محوره، فإن نصفه الشمالي يرى الشمس تتلوى صعوداً نحو سمت الرأس Zenith^(*)، ثم نزولاً إلى الأفق، خلال نصف دورته؛ في حين يشهد نصفه الجنوبي حصول هذا، خلال النصف الآخر من دورته. فلو كان أحد في قطب يورانوس الشمالي (أو الجنوبي)، لكان يرى الشمس تشرق في نقطة ما من الأفق، وتبعد ببطء نحو السمت إلى أن تصبح عمودية تقريباً، بعد حوالي 21 عاماً (!) ثم تعود إلى الانحدار، خلال 21 عاماً أخرى، لتصل أخيراً إلى النقطة المقابلة من الأفق، بعد مكوث في السماء طوال 42 عاماً. وتنقضي بعد ذلك فترة 42 عاماً أخرى، قبل أن تشرق من جديد.

والكائن البشري الذي يولد في أحد قطبي يورانوس، سوف يبلغ منتصف عمره عند شروق الشمس، ويكون هرمياً طاعناً في السن قبل موعد شروق

(*) أي أوج السماء - المترجم.

الشمس التالي .

والشمس، في الوقت الحالي، هي في سمت من سماء يورانوس تقريباً، فوق قطبه الجنوبي. وبكلمة أخرى، فإن القطب الجنوبي هو تقريباً في اتجاه الأرض والشمس (لا بد وأن يكون في اتجاه الإثنين معاً، لأن الأرض لا ترى من يورانوس أبعد من 3 درجات عن الشمس إطلاقاً).

مع نهاية العام 1985، كان «فوياجر - 2» يدنو من يورانوس، ويستعد لالتقاط صورته وإجراء قياساته، فقد قطع مسافة تقرب من $10 \frac{1}{2}$ مليار كلم (أي $6 \frac{1}{2}$ مليار ميل) من أجل هذا. (لا يبعد عنا يورانوس سوى $2 \frac{3}{4}$ مليار كلم ($1 \frac{2}{3}$ مليار ميل) بخط مستقيم - إلا أن «فوياجر - 2» لم يتبع في سيره خطاً مستقيماً، بل أقواساً واسعة، تجاوباً مع جاذبية الشمس والمشتري وزحل، وكذلك مع حركة الأرض الأولية عند انطلاقه).

بعد أن قطع «فوياجر - 2» هذه المسافة، أصبح في محيط معتم. فقرة نور شمس يورانوس النائية، لا تعادل ربع $\frac{1}{4}$ قوتها عند زحل، أو $\frac{1}{13}$ من قوتها عند المشتري، و $\frac{1}{368}$ من قوتها عند الأرض. وهذا يعني إن أخذ الصور الفوتوغرافية لكوكب يورانوس، يستوجب فترة تعريض أطول مما يتطلبه أخذ صور المشتري وزحل. فبالنسبة إلى هذا الأخير يكفي تعريض الصورة لفترة 15 ثانية، أما يورانوس، فيتطلب حوالي 100 ثانية. وهذا يعني أن الوقت لا يتسع إلا لعدد قليل من الصور، وإن احتمالات التشوش والزيغان أكبر.

بدا يورانوس بلون زرقاوي، ومن دون «قَسَمَات» تقريباً. ولم يكن هذا بعيد التوقع. فكلما ابتعد الكوكب عن الشمس، تضاءلت حرارتها عنده، وتضاءل فارق الحرارة بين مختلف أجزاء الكوكب. فالفارق في الحرارة هو الذي يحرك دورة الطبقة الجوية ويولد الغيوم والعواصف التي نشاهدها.

من هنا، يبدو جو المشتري مشوهاً وذو خطوط كالأحزمة، وجو زحل أقل منه نوعاً، أما يورانوس، فجوّه يعتبر هادئاً.

بالإضافة، يتجمّد مختلف الغازات في طبقة الجو الخارجية، كلما ابتعدنا عن الشمس. وجو المشتري غني نسبياً بالنشادر ammonia إضافة إلى غازات أخرى ذات درجة غليان عالية بالمقارنة، وهي ما يساعد على تكوين الغيوم والأشكال الملونة. أما في زحل فالنشادر أقل تواجداً في الجو (حيث درجة

الحرارة تكفي للإبقاء عليه غازياً)، كما أنه أقل بكثير في يورانوس.

وهذا يعني أن الميثان - وهو ذو درجة غليان بالغة الانخفاض، يشكل التلوث السائد في أعالي جو يورانوس. والميثان يمتص الضوء الأحمر، فيعطي الجو ذلك اللون الأزرق. وبالإضافة، فهو يميل إلى التفاعل كيميائياً، حتى في نور الشمس الضئيل الذي يستحم فيه هذا الكوكب النائي. وهذا يؤكّد ضباباً من الهيدروكربون يحول دون نفاذ المشاهدة إلى داخل جو الكوكب (نجد هذا الضباب بالذات في جو قمر زحل، «تيتان» الغني بالميثان).

وتؤكد تفاعلات الميثان الكيميائية وجود هذا الغاز، عبر تغيّر لون الطبقة الجوية. وإذا كان الأمر كذلك، فلا بد من أن يكون التغيّر ملحوظاً عند القطب الجنوبي حالياً، حيث الشمس الضعيفة في سمت السماء، تعطي حرارة أكثر بقليل مما تعطيه للمناطق الأخرى. وفي الواقع، أفيد عن زيادة طفيفة في الاحمرار عند القطب الجنوبي.

إن الميثان موجود بالطبع في جو يورانوس، ولكن كأحد المكونات الضئيلة. فالمكونات الرئيسية (كما في حال المشتري وزحل - وبالمناسبة، الشمس) هي الهيدروجين والهيليوم مع رجحان الهيدروجين.

يبدو أن دراسات حديثة أجريت من سطح الأرض بالأشعة تحت الحمراء، أشارت إلى أن جو يورانوس يحتوي على نسبة 40% من الهيليوم. وهذا ما سبب موجة من القلق بين جماعة الفلكيين، ذلك أن الرقم كان عالياً جداً. فمحتوى الكون من الهيليوم لا يزيد عموماً عن 25% من الكتلة، مع حوالي 75% هيدروجين (وكل ما تبقى هو دون 1%).

ويحتوي كل من الشمس والمشتري وزحل على 25% من الهيليوم أو أقل من ذلك، وسيكون من الشذوذ غير المستحب فعلاً، أن يتراكم الهيليوم على يورانوس.

قد يقال إن يورانوس، بسب بعده عن الشمس، سيكون فقيراً بالمواد المكوّنة، وبالتالي فهو يتطوّر ببطء ويكون أصغر من زحل (الذي هو بدوره أصغر من المشتري). وبما أن يورانوس سوف يبقى أصغر من العملاقين الغازيين الداخليين (أي الأقرب إلى الشمس) في جميع مراحل تكوينه، فسيكون حقل جاذبيته أضعف من حقليهما، فيجذب كمية من الهيدروجين أقل مما يجذبه كل من المشتري وزحل. وقد يحاول اجتذاب ذرات الهيليوم الأكبر كتلة، ولكن

بفعالية. وبهذه الطريقة فقد لا يجمع الكثير من الهليوم، ولكن على الأقل نسبة أكبر منه.

والإشكال في هذا المفهوم، هو أن يورانوس أشد برودة من المشتري أو من زحل، وبسبب انخفاض درجة حرارته، يسهل عليه الإمساك بالهيدروجين، رغم حجمه الصغير.

وجاء منتهى الانفراج لدى علماء الفلك، عندما أزال «فواياجر - 2» هذا الإشكال. فقد أثبتت مشاهداته إن نسبة الهليوم في جو يورانوس هي بين 12 و 15% أي بالضبط مثلما يُفترض أن تكون.

لقد اكتُشِف ما مجموعه أربع غيوم في عمق جو الكوكب، فدرِسَت بعناية لتحديد مدة دورانه حول نفسه.

كان هنالك شعور عام بين علماء الفلك، انه كلما صغر حجم الكوكب، طالت مدة دورانه حول نفسه. فالمشتري، وهو أكبر الكواكب، يدور حول نفسه في 9.84 ساعات؛ وزحل، الثاني في الكبر، خلال 10.23 ساعات؛ والأرض خلال 24 ساعة. أما يورانوس، الذي يقع حجمه بين حجمي زحل والأرض، فيجب أن تكون له مدة دوران وسطية كذلك.

حتى فترة قريبة، كانت المدة المقبولة عادة لدوران يورانوس، 10.8 ساعات. ولكن في العام 1977، أشار قياس جديد إلى مدة دوران قد تبلغ 25 ساعة.

كانت المشكلة بالطبع، عدم وجود أي علامة فارقة على يورانوس، يمكن مشاهدتها من الأرض، وتتبعها في حركتها. إلا أن «فواياجر - 2» قدّم نتائج دلّت على أن يورانوس يدور على محوره خلال 17.24 ساعة، وهو بلا شك، رقم مقبول.

هنالك بعض الإرباكات في موضوع الجو. فالحرارة على السطح المرئي لجو يورانوس هي تقريباً واحدة في كل مكان. فأشعة الشمس الضعيفة، لا يبدو إنها تسبب أي فارق. ولكن هنالك منطقة ما، بين خط العرض الشمالي 30 وخط العرض الجنوبي 30، يبدو أن الحرارة تنخفض فيها قليلاً، ولا نجد حتى الآن سبباً معقولاً لهذا.

ثم انه اكتشفت رياح في الجو، تسير مع اتجاه دوران الكوكب، وبسرعة 100 ميل (160 كلم). وهذا أمر محير، لأن ما نعرفه عن الحركات الجوية يقودنا

إلى الافتراض أن الرياح يجب أن تسير في الاتجاه المعاكس لدوران الكوكب. ولكن يبدو أن يورانوس (على غرار المشتري وزحل) يشع من الطاقة أكثر مما يتلقاه من الشمس. ولذلك لا بد من وجود مصدر داخلي للحرارة، كأي تحول فيزيائي أو كيميائي، يُحتمل أن يبرر حركة الرياح الشاذة.

مع اقتراب «فوياجر - 2» من يورانوس، بدا أول الأمر أن ليس لهذا الكوكب أي حقل مقنطين. فكانت تلك صدمة كبيرة، لأن المفروض وجود الحقل، إذا كان للكوكب دوران سريع وجوف موصل للكهرباء. وما دام لكل من المشتري وزحل حقل مغناطيسي، فلا بد أن يكون ليورانوس مثل هذا الحقل. وإلا، كان الأمر يتطلب شرحاً شاقاً.

ولحسن الحظ، أنقذ علماء الفلك. كان «فوياجر - 2» يقترب من جهة الشمس، وتبين أن رصد الحقل المغناطيسي محجوب بالالكترونات في الطبقة الأيونية العليا من جو يورانوس. وعندما وصل «فوياجر - 2» إلى مسافة 470000 كلم (290000 ميل) من مركز يورانوس، دخل في الجو المغناطيسي للكوكب فالحقل المغناطيسي كان إذن موجوداً؛ وهو أقوى من حقل الأرض بـ 50 مرة، ويمتد بعيداً في الجهة المظلمة. كان كل شيء كما ينبغي أن يكون.

ولكن، ليس كل شيء... فالمحور المغناطيسي عادة ما يكون منحرفاً بالنسبة إلى محور الدوران، وهو لا يمر بالضرورة، في مركز جاذبية الكوكب (ليس لدينا حتى الآن أي تفسير مقبول لهذا).

غير أن الوضع في حال يورانوس، هو وضع أقصى، إذ لا يقل انحراف المحور المغناطيسي عن 60 درجة بالنسبة إلى محور الدوران، كما أن مركز المحور المغناطيسي يبعد مسافة 8000 كلم (5000 ميل) عن مركز الكوكب. وللسنا نعرف لهذا الانحراف سبباً، ولعله على علاقة بانحراف محور الدوران الذي هو، بدوره، غير اعتيادي.

مرّ «فوياجر - 2» بين حلقات الكوكب وبين قمره الأقرب (كما يُشاهد من الأرض) «ميرندا» Miranda. وفي الساعة الخامسة من بعد ظهر الرابع والعشرين من كانون الثاني 1986، بلغ أقرب نقطة من ميرندا، تبعد 28000 كلم (17400 ميل) عن سطحه. وبعد أقل من ساعة، بلغ أقرب نقطة من يورانوس وهي 81500 كلم (51000 ميلاً) عن طبقة غيوم يورانوس. لقد أنجز هاتين الخطوتين

في الاقتراب، بفارق لا يتعدى ثواني معدودات عن التوقيت المقرر، وبانحراف 16 كلم (10 أميال) فقط عن مساره المحدد. كان ذلك تسديداً بمنتهى الدقة.

لقد رُصدت تسع حلقات دقيقة حول يورانوس، سنة 1977 عن طريق دراسات من سطح الأرض. تم ذلك أثناء دراسة يورانوس لدى مروره قريباً جداً أمام أحد النجوم، ومراقبة الكيفية التي بها يومض النجم ويخبو مع مرور الحلقات أمامه.

أثبت «فوياجر 2» أن الحلقات التسع كانت موجودة بالفعل، واكتشف حلقة عاشرة، بين الثامنة والتاسعة انطلاقاً من الكوكب. والحلقة الجديدة دقيقة جداً وباهتة بحيث يتعذر رؤيتها من الأرض.

وبحسب المشاهدات من الأرض، كانت حلقات يورانوس مؤلفة من جسيمات معتمة ولعل هذا ليس بالسر الغامض. فالأجسام الصغرى في النظام الشمسي الخارجي، تميل إلى كونها جليدية (عادة جليد الماء، ولكن ربما مع بعض النشادر والميثان كمكونات ضئيلة) مختلطة مع مواد حجرية من مختلف الأحجام.

ثمة أمران يمكن أن يحدثا لمثل هذه الأجسام الجليدية، ويؤديا إلى جعلها داكنة قاتمة. فقد تفقد الجليد ببطء عبر التبخر من دون أن تفقد المواد الحجرية. ومع الزمن، عبر مليارات السنين، تصبح الأجسام الصغيرة أقل «جليدية» وتميل إلى الاكتساء بقشرة من مادة حجرية ذات لون قاتم أكثر من الجليد، تحول دون تبخر المزيد من الجليد. أما الأمر الثاني، فهو أن الميثان داخل الجليد قد يتبلر (*) إلى مواد قارية سوداء، تزيد من تعتيم السطح.

إن احتمال تكوّن مثل هذه القشرة على المذنبات، سوف نعرض له في الفصل العاشر - الذي كتب قبل مدة طويلة من مرور المسبار الفضائي «جيوغو» Giotto بمحاذاة المذنب «هالي» Halley. لقد بين «جيوغو» أثناء مروره أن المذنب «هالي» حالك السواد في لونه (كان مع ذلك يطلق رذاذاً من الجليد المتبخر، لأنه هنا في النظام الشمسي الداخلي، يتعرض لحرارة أعلى بكثير مما قد تتعرض له الأجسام في جوار يورانوس).

ولا يكمن الإشكال، إذن، في كون حلقات يورانوس قاتمة اللون، بقدر ما

(*) التبلر polymerization اتحاد جزيئين، لتكوين جزيء ذي وزن جزيئي أكبر - المترجم.

هو في كون حلقات زحل بيضاء إلى هذا الحد. ففي الظاهر ان الأجسام الصغيرة بجوار زحل (باستثناء قمره «إيبييتوس» Iapetus الذي يبدو قاتماً في أحد نصفيه) تحوي من الجليد أكثر مما تحويه تلك التي في جوار كل من المشتري أو يورانوس. وهذا ما لا بد من إيجاد تفسير له يوماً ما.

يتبين من جديد انه، في حين تتألف حلقات زحل من جسيمات متفاوت أحجامها، من الغبار الناعم إلى ما هو بحجم الجبال، تتألف حلقات يورانوس من أجسام ذات حجمٍ منتظم بالمقارنة، يقارب حجم الجلمود^(*). كما ان حلقات يورانوس خالية عملياً من الغبار. هذا الفارق بين زحل ويورانوس، لا تفسير له. وفي تقديري ان زحل هو الذي سوف يكون الشاذ.

إن يورانوس ذو نظام أقمار مميّز من عدة نواحي. لقد اكتشفت خمسة أقمار من الأرض، ليس بينها أي قمر عملاق بقطر 3000 كلم (1850 ميلاً) أو أكثر. فيورانوس هو العملاق الغازي الوحيد الذي لا قمر عملاقاً له، في حين إن لنبتون قمره «تريتون» Triton، ولزحل قمره «تيتان» Titan، وللمشتري أقماره «إيو» Io، و«يوروبا» Europa، و«غانيميد» Ganymede و«كالليستو» Callisto. وحتى الأرض، لديها القمر. ولا نعرف لماذا لا يكون ليورانوس قمر عملاق. هل لذلك علاقة ما مع ميل محور دوران يورانوس الغريب؟

وبالمناسبة، فإن الأقمار الخمسة هي ذات محور مائل، مثل يورانوس، وهي تدور في مستوى خط الاستواء للكوكب. وهذا يعني انه بينما تنتقل أقمار الكواكب الأخرى من اليسار إلى اليمين ومن اليمين إلى اليسار كما نراها من الأرض، نرى أقمار يورانوس تنتقل من أسفل إلى أعلى، ومن أعلى إلى أسفل. قد يدل هذا على ان الأقمار تكوّنت بعد انحراف محور يورانوس. فلو كان له محور غير مائل نسبياً، مع وجود أقماره في مستوى خط استوائه، لكان ميل محور يورانوس يؤدي بالأقمار إلى الدوران في مدارات بالغة الانحراف. لذلك، لا بد من كون الميل في محور الكوكب قد حدث في وقت مبكر جداً من تاريخ النظام الشمسي، ثم تكوّنت الأقمار من بعد ذلك.

الأقمار هذه، قاتمة اللون أكثر من المتوقع. وهي لا تبدو من الأرض سوى

(*) صخرة أو حجر كبير، يتخذ بفعل الأحوال الجوية شكلاً شبه كروي - المترجم.

نقط مضيئة. وبالتالي فقد أخذ علماء الفلك يُقدِّرون أحجامها انطلاقاً من درجة تألقها، مع افتراض قابلية معتدلة في عكس الضوء، باعتبار كونها جليدية. ولكن بما أنها، كما تبين، ذات لون قاتم أكثر مما كان يُعتقد، فلا بد أنها تعكس الضوء بنسبة متدنية، وانها أكبر حجماً كي تبدو في التألق الذي هي عليه. وفي ما يلي، قائمة تُحدِّد أقطار الأقمار، كما كانت مفترضة قبل «فوياجر - 2» وكما هي معروفة الآن:

القمر	القطر كلم (ميل)	بعد «فوياجر - 2»
ميرندا Miranda	240 (150)	480 (300)
أرييل Ariel	700 (435)	1,170 (725)
أمبريل Umbriel	500 (310)	1,190 (740)
تيتانيا Titania	1,000 (620)	1,590 (990)
أوبرون Oberon	900 (560)	1,550 (965)

يُلاحظ أن «ميرندا» ازداد مرتين، و«أرييل» 1.7 مرة، و«أمبريل» 2.4 مرة، و«تيتانيا» 1.6 مرة، و«أوبرون» 1.7 مرة. وبالطبع كان اكتشاف الأقمار بالترتيب التراجمي لأحجامها. ولم يُكتشف أصغر الأقمار الخمسة، «ميرندا» (وهو أقربها إلى الكوكب) إلا في العام 1984.

ولكن في كانون الأول 1985، اكتشف «فوياجر - 2» أثناء اقترابه، قمراً سادساً، أقرب إلى يورانوس من «ميرندا». ويبعد «ميرندا» مسافة 130000 كلم (80400 ميل) عن مركز يورانوس، في حين لا يبعد القمر الجديد سوى 85000 كلم (53400 ميل)، كما أن قطر القمر الجديد هو 160 كلم (100 ميل) فقط، واسمه المؤقت هو (1985 U₁).

وخلال شهر كانون الثاني، اكتشف ما لا يقل عن تسعة أقمار أخرى، جميعها أقرب إلى يورانوس من U₁ 1985. كان قطر الثلاثة الأولى المكتشفة: U₁ 1986، U₂ 1986، U₃ 1986 حوالي 80 كلم (50 ميلاً) والأقمار الباقية ما بين

20 و 50 كلم (12 و 30 ميلاً). أقرب هذه الأقمار المعروفة حالياً من يورانوس، هو U_7 1986، ولا يبعد عن الكوكب سوى 50000 كلم (30500 ميل)، ويدور داخل نظام الحلقات.

جاءت هذه الأقمار الصغيرة بمشكلتين معها. فقد أدخلت دراسة المشتري وزحل بواسطة المسبار [الفضائي] مفهوم «الأقمار الراعية»، وهي أقمار صغيرة تدور خارج وداخل حلقة معينة، فتحفظ تلك الحلقة من الانتشار والتلاشي بفعل الجاذبية. ولكن يبدو أن معظم حلقات يورانوس، لا أثر فيها لمثل هذه الأقمار. فكيف تحافظ إذن على بقائها؟.

ثم إننا نجد - كذلك - أن للمشتري وزحل ويورانوس، أقماراً صغيرة، تدور خارج أو داخل نظام الحلقات. ويُرجَّح أن يكون لنبتون مثلها. وليس لعطارد والزهرة أي أقمار. أما الأرض، فلها قمرها الكبير البعيد، ولكن ليس لها أي أقمار صغيرة قريبة. فهل ان غياب هذه الأقمار الصغيرة القريبة هو الذي يحول دون احتفاظ هذه العوالم بالحلقات؟ وللمريخ قمران صغيران مجاوران، ولكن ليس له حلقات. فهل تم أسر قمرَي المريخ، بعد تبعثر إحدى الحلقات؟. علينا - إن إستطعنا - أن نعرف المزيد عن تكوّن الحلقات.

لقد تمت دراسة مقارنة لاقمار يورانوس الخمسة الكبيرة. فسطح «أوبرون» مليء بالفوهات مع أشعة متألقة تنتشر إلى خارجها. وهذا شيء مألوف. إلا أن أرض الفوهات قاتمة. وهذا غير اعتيادي. وفي «تيتانيا» وديان وصدوع، إضافة إلى الفوهات.

ولنهمل «أمبريسل» الآن، وننتقل إلى «أريسيل»، ذي الأودية العميقة والصدوع الكبيرة. فالظاهر انه كلما كان القمر أقرب إلى يورانوس، كان سطحه أكثر تضرراً.

أما «ميرندا» الذي شوهد عن كثب، فكان مفاجأة كبرى، إذ نرى على سطحه البالغ التشوه، قليلاً من كل شيء: ودياناً عميقة كالمريخ، أخاديد مثل غانيميد، وسهولاً غائرة مثل عطارد. وهنالك بالإضافة، سلسلة من الخطوط الداكنة، تشبه كومة من الفطائر المتراكمة، ومجموعة من الأخاديد الظاهرة كميدان سباق، وكذلك شارة متألقة على شكل الحرف V.

والذي يبدو محيراً تماماً، أن يكون في جسم بهذا الحجم الصغير، مثل

ذلك التنوع الكبير في الظواهر السطحية . وهو جيولوجياً أصغر بكثير من أن يكون حياً . والتخمين الحالي هو أنه تعرّض لما يقرب من الموت ، ربما إثر صدمة ما من جسم كبير ، فتشظى فعلاً . (في قمر زحل ، «ميماس» Mimas فوهة كبيرة إلى حد أن الصدمة كادت تؤدي إلى تشظيه) .

ولا بد أن «ميرندا» المتشظي ، قد عاد وتجمّع من جديد بفعل جاذبيته الخاصة ، ولكن ليس بشكل منتظم ، بل التحمت أجزاءه كيفما اتفق ، فكان سطحه على هذا الشكل الفوضوي .

ولكن يبدو لي إن السر الحقيقي يكمن في «أمبريل» . فهو أذكّن الأقمار لونا ، كما أنه يبدو بدون تضرسات ، باستثناء حلقة متألقة كالعكة ، عند طرف نصفه المضاء .

فلماذا يكون «أمبريل» أذكّن لونا من الأقمار الباقية ؟ ولماذا يكون بلا تضرسات ؟ وما الذي يُولّد الكعكة البيضاء ؟ للأسف ، قد تمر على الأرجح سنوات عديدة ، قبل أن نتمكن من إلقاء نظرة أخرى (وربما أفضل) على «أمبريل» . وبانتظار ذلك ، لا يمكننا سوى التمعّن في الصور التي لدينا ، والتساؤل . .

ولكن أهم شيء في «أمبريل» - بالنسبة إلي - هو تلك المصادفة المميزة والتي هي بالتأكيد ، خلّو من أي معنى .

ففي العام 1787 ، اكتشف عالم الفلك الألماني - الإنكليزي «وليام هرشل» Herschel (1738 - 1822) - مكتشف يورانوس قبل ست سنوات - قمر الكوكب الأكثر تألقاً . وبدلاً من أن يسميهما وفقاً لرموز الميثولوجيا الإغريقية - الرومانية ، أطلق عليهما إسمي «أوبرون» و «تيتانيا» ، وهما ملك ومملكة الجن في مسرحية شكسبير «حلم ليلة في منتصف الصيف» A Midsummer Night's Dream .

وعندما اكتشف عالم الفلك الإنكليزي «وليام لاسل» William Lassell (1799 - 1880) قمر يورانوس الثالث والرابع الأكثر تألقاً سنة 1851 ، أطلق على أكثرهما تألقاً إسم «اريل» ، تبعاً للشخصية الطروبة الجذلة في رواية شكبير «العاصفة» The Tempest . (كان من المفترض ، بالطبع ، أن «اريل» الأكثر تألقاً ، هو كذلك الأكبر حجماً من رفيقه . ولكننا نعرف الآن أن الآخر هو الأكبر ،

إلا انه الأدكن، وبالتالي يعكس الضوء بنسبة أقل).

والقمر الآخر، الأدكن، أسماه «لاسل»: «أمبريل»، تبعاً لشخصية في «قصّ خصلة الشعر» The Rape Of The Lock، وهي ملحمة ساخرة للشاعر الإنكليزي «الكسندر پوپ» Alexander Pope (1688 - 1744). كان «أمبريل» شخصية مزاجية تملأ قلبها الكآبة والحسرة. وقد اشتق اسم «أمبريل» من الكلمة اللاتينية التي تعني «الظل» (وهكذا، فللمظلة «ظل صغير» يقينا البلل).
عندما اكتشف عالم الفلك الهولندي - الأميركي «جيرارد پيتر كويپر» Gerard Peter Kuiper (1905 - 1973) قمرأ جديداً، عاد مجدداً إلى «العاصفة» وأطلق على الجسم المكتشف حديثاً اسم «ميرندا»، وهي البطلة الفاتنة في المسرحية.

ولكن، أليس غريباً أن يسمى القمر القاتم المظلل، «امبريل» على إسم الشخصية المزاجية القابعة كثيبة في الظل؟.
أ يكون لهذا بعض مغزى عميق هنا؟.
كلا. كلا، على الإطلاق. إنه مجرد مصادفة.

الكوكب المنكمش

قبل أسابيع، تلقيت مكالمة هاتفية من امرأة شابة، قالت إنها تقوم بإعداد مقال ما، لمجلة ما. (لا أعتقد انها كانت كاتبة في الحقيقة، إذ كل ما تقوم به هو الاتصال بمختلف المشاهير لتطرح عليهم سؤالاً. ثم تجمع الأجوبة معاً، وتنشرها في الصحف. ولا يحتاج هذا إلى الكثير من المقدرة الكتابية).

قلت بحذر: «ما هو السؤال؟».

فرّدت بحيوية: «ما هي حانتك المفضلة؟ ولماذا تفضلها؟ هل بسبب جودة مشروباتها؟ أو جوّها؟ أو لاقتصارها على النخبة؟ أو بسبب الأشخاص الذين يتواجدون فيها؟ أو ماذا؟...».

وسألتها باستغراب: «حانتي المفضلة؟ أتعنين الحانة التي يذهب إليها الناس كي يشربوا؟».

- : «أجل. من بين سائر الحانات التي زرتها...».

- : «ولكني لا أرتاد أي حانة يا آنستي. فأنا لا أشرب، لم أشرب قط. ولا أخالني أدخل أي حانة، إلا إذا كان ذلك مروراً في طريقي إلى مائدة عشاء ما».

بعد صمت لم يَطلْ، قالت مخاطبتي: «ألسْتَ إسحاق عظيموف الكاتب؟».

- : «أجل، أنا هو».

- : «ألسْتَ مؤلف نحو من ثلاثمئة وخمسين كتاباً؟».

- : «أجل. ولكنني كتبت كلاً منها وأنا في كامل الوعي والرزانة».

- : «حقاً؟ ولكن كان في اعتقادي ان جميع الكتاب يشربون..» (أعتقد

انها كانت مهذبة عند هذه النقطة، فالذي كانت تقصده في الحقيقة هو ان كل الكتاب مدمنو خمرة - كحوليون أو سيّكرون).

أجبتها بشيء من الامتناع: «لا يمكنني التحدث عن الآخرين، ولكنني لا أشرب».

فغمغمت: «حقاً، هذا غريب بالفعل».

ثم أقفلت الخط.

بصراحة، اعتقد ان سائلتي استفادت كثيراً لأنها خبرت أمراً غريباً. ولا بد لنا، نحن جميعاً، من مثل هذه الإثارة، حرصاً على صِحَّتنا العقلية. والعلماء محظوظون ولا شك، لانهم يختبرون ذلك باستمرار. ولنأخذ على سبيل المثال، حالة الكوكب «بلوتو» Pluto:

خلال الثلث الأول من هذا القرن، كان البحث جارياً عن كوكب مجهول («الكوكب X»)، ذي مدار أبعد من مدار «نبتون». وكان أولئك العلماء الفلكيون الذين يبحثون عنه، يتوقعون العثور على عملاق غازي - أي كوكب أكبر من الأرض، ولكنه قليل الكثافة، إذ يتكوّن في معظمه من الهيدروجين والهليوم والنيون، ومن الجليد الذي يحتوي على الهيدروجين والماء والنشادر والميثان. فالكواكب الأربعة البعيدة: المشتري، زحل، يورانوس ونبتون، كانت كلها عمالقة غازية؛ فلماذا لا يكون الكوكب الأبعد من نبتون، كذلك؟.

وبالطبع، كان علماء الفلك يتوقعون أن يكون «الكوكب X» أصغر حجماً من العمالقة الغازية المعروفة، لانه أبعد منها عن الشمس. فكلما بُعِدَت الكواكب كانت السُدُم قبل تكونها أقل كثافة وتماسكاً، وبالتالي، كان الكوكب الذي يتكوّن، صغير الحجم. وحتى مع هذا، كان المتوقّع ان «الكوكب X، سوف يكون فعلياً أكبر من الأرض.

فكتلة المشتري - أكبر العمالقة الغازية وأقربها إلى الشمس - تساوي 318

مرة كتلة الأرض؛ وزحل - الثاني في الكبر - ذو كتلة تعادل 95 مرة كتلة الأرض؛ وهناك، أبعد من هذين العملاقين، يورانوس ونبتون، تعادل كتلة كل منهما 15 و 17 مرة كتلة الأرض على التوالي.

توقع العالم الفلكي الأميركي «پرسيفال لويل» Percival Lowell (1855 - 1916)، وهو أشد الباحثين مثابرة، أن «الكوكب X» سوف يواصل المسار التنازلي بحيث قد لا تزيد كتلته عن 6.6 مرات كتلة الأرض. ومع ذلك، فلن يفاجأ أحد إذا تبين أن كتلته توازي 10 أضعاف كتلة الأرض.

وبالإضافة، فليس من الضروري تقدير الكتلة، قياساً على التشابه المقارن. فثمة دليل أقوى من ذلك. إن سبب الاعتقاد بوجود «الكوكب X»، كان تلك الشذوذات الطفيفة في الحاصّة (أي البعد الزاوي) لمدار يورانوس. وهذا يعني ان علماء الفلك كانوا يبحثون عن كوكب ذي كتلة كبيرة تؤثر على مدار يورانوس بشكل يمكن قياسه، حتى ولو كان مثل هذا الكوكب يبعد ملياري أو ثلاثة مليارات كلم (1250 - 1875 مليون ميل) وراء يورانوس. فإذا كانت كتلة «الكوكب X» 10 أضعاف كتلة الأرض، فلن تكون كافية لمثل ذلك التأثير.

أخيراً، اكتُشف «الكوكب X» سنة 1930، على يد عالم الفلك الأميركي «كلايد تومبو» Clyde Tombaugh الذي أطلق عليه إسم «پلوتو» Pluto، ربما لأن الحرفين الأولين هما حرفا الاستهلال لاسم «پرسيفال لويل». لقد اكتُشف على مقربة دقيقة من الموضع الذي يفترض تواجده فيه إذا كان حقاً يؤثر في مدار يورانوس. كان هذا أيضاً نقطة أخرى لصالح الاقتراح بوجود كونه عملاقاً غازياً.

أحدثت لحظة اكتشافه صدمة غير محببة، كانت بداية عدد من الصدمات التي أحدثها «پلوتو» خلال نصف القرن التالي.

وكما ترون، فإن نبتون جرم من المرتبة الثامنة، وهذا ما يجعله معتماً جداً بالنسبة إلى العين المجردة. وهذا أمر متوقع، باعتبار أنه يبعد 4500 مليون كلم (2800 مليون ميل) عن الشمس، وان انعكاس نور الشمس الضعيف الذي يتلقاه، يجب أن يقطع مثل هذه المسافة ليصل إلينا.

وبسبب مسافته الأبعد، وحجمه الافتراضي الأصغر، فمن الطبيعي إن يكون «پلوتو» أعتَم من نبتون. وقد توقع علماء الفلك أن يكون مظهره في المرتبة العاشرة.

إلا ان الأمر لم يكن كذلك، إذ تبين ان «بلوتو» كان في المرتبة الرابعة عشرة، أي أكثر تعتيماً بأربعين مرة مما كان يُتوقع له.

وهناك ثلاثة أسباب محتملة لذلك: 1- كان «بلوتو» أبعد بكثير من المتوقع، 2- كان «بلوتو» مكوناً من مواد أعتُم بكثير من المتوقع، 3- كان «بلوتو» أصغر بكثير من المتوقع - أو، بالطبع، أي توليف بين هذه الاحتمالات الثلاثة.

كان من السهل تحديد المسافة. فمن تحوّل «بلوتو» عن موقعه الظاهري بين يوم وآخر، يمكن تكوين فكرة سريعة مقرّبة عن الوقت الذي يستغرقه في دورانه حول الشمس. وانطلاقاً من الفترة المدارية، يمكن حساب متوسط بُعده عن الشمس.

تبين إن «بلوتو» يستغرق 247.7 سنة لإتمام مداره مرة واحدة، وان متوسط بُعده عن الشمس هو حوالي 5900 مليون كلم (3670 مليون ميل). وهو في المتوسط أبعد عن الشمس من نبتون بنسبة مرة وثلاث المرة.

وهذا يجعل من «بلوتو» أبعد الكواكب المعروفة بكل تأكيد، إلا انه ليس بالبُعد الذي يشكل السبب الوحيد في كونه معتماً بهذا القدر. ولا بد أن يكون مؤلفاً من مواد أشدّ إعتماداً من مواد العمالقة الغازية الأربعة، أو أن يكون أصغر منها بكثير، أو الاثنين معاً.

وسواء كان أحد هذين السببين أو الآخر - أو كلاهما معاً - فإن «بلوتو» ليس عملاقاً غازياً. فمن جهة ان العملاق الغازي (أو أي كوكب كثيف الجو، ملبد الغيوم) يعكس حوالي نصف أشعة الشمس الساقطة عليه. وبكلمة أخرى، فإن «عاكسيته»^(*) تقارب النصف (0.5). وهذا صحيح أيضاً بالنسبة إلى كوكب حتى ولو كان بدون طبقة جوية، إذا كان سطحه جليدياً (مؤلفاً من ماء متجمد ونشادر وميثان، أو أي توليف من هذه المواد).. اما الكوكب الخالي من أي طبقة جوية والمكوّن من صخور جرداء، فيكون بياضه (عاكسيته) بحدود 0.07.

بالنسبة إلى إعتماد «بلوتو»، كان هناك ميل غالب إلى الافتراض بانه قد يكون مؤلفاً من مواد صخرية، وبدون طبقة جوية. وحتى مع هذا، فإن كتلته لن تكون أكبر بكثير من كتلة الأرض، ما دام معتماً كما هو.

وهكذا، سرعان ما أخذ علماء الفلك يقسمون الكواكب التسعة الكبرى في

(*) العاكسية albedo أو «البياض» هو معدّل ما يعكسه كوكب أو سيار من أشعة الشمس التي تصله - المترجم.

النظام الشمسي إلى أربعة عمالقة غازية، أو «كواكب جوبيتيرية» (نسبة إلى «جوبيتر» أي المشتري)، وإلى خمسة عوالم صخرية صغيرة، أو «كواكب أرضية». كانت هذه الأخيرة هي: عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ، «و».. «بلوتو».

فما الذي جاء «بكوكب أرضي» إلى تلك المسافة النائية، عند طرف النظام الكواكبي، في حين إن الكواكب الأخرى، جميعاً، تعانق الشمس من مسافات دانية؟ لم يتوفر تفسير لهذا. ولكن كان لا بد من تصنيف «بلوتو» على هذا النحو بحكم مظهره المعتم.

حتى مع أن «بلوتو» كان قد تضاعل حجمه بشدة لدى اكتشافه، فقد يبقى خامس جسم سيار في النظام الشمسي، بعد العمالقة الغازية الأربعة، هذا «إذا» كان أكبر من الأرض بقليل.

ولكن هل «بلوتو» بحجم الأرض؟ إنه يحمل بشكل ما، سمات ما يمكن اعتباره كوكباً صغيراً جداً، ذلك إن دراسة المدار تعطي فكرة عن حجم الكوكب.

ومدارات الكواكب ليست كلياً إهليلجية elliptical، فالاختلاف المركزي eccentricity في مدارات معظم الكواكب، هو بنسبة 0.05 أو أقل من ذلك. مثلاً إن الاختلاف المركزي لمدار الأرض، هو 0.017. هذا يعني أن معظم مدارات الكواكب، تبدو للعين المجردة وكأنها دائرية.

يشذ عن هذه القاعدة، الكوكبان الأصغران. فالمريخ، ذو الكتلة التي تعادل عُشر (1/10) كتلة الأرض، يختلف مركز مداره بنسبة 0.1، وعطارد، بكتلة تعادل 1/20 من كتلة الأرض (نصف كتلة المريخ) ذو اختلاف مركزي يعادل 0.2.

فإذا كنا نريد الربط بين صغر الكتلة وبين كبر الاختلاف المركزي، فماذا نفعل، بالنسبة إلى «بلوتو»؟ بما أن حركته في السماء كانت موضوع دراسة على مدى زمن طويل، فقد عرفت تفاصيل مداره، ووُجد أن الاختلاف المركزي فيه أعلى منه في مدار عطارد بنسبة 0.25 - وهو في الواقع أعلى ما نجده في مدارات الكواكب التسعة جميعاً.

هل يعني هذا أن كتلة «بلوتو» أصغر من كتلة عطارد؟.

ليس بالضرورة، إذ لا وجود لأي سبب «إلزامي»، للربط بين الكتلة الصغيرة وبين الاختلاف المركزي الكبير. فكتلة نبتون لا تزيد عن $1/20$ من كتلة المشتري، ومع ذلك فالاختلاف المركزي في مداره ليس أكبر منه في مدار المشتري، بل في الواقع، أصغر بكثير، أي بحدود $(1/5)$ الخمس. لذلك، لا يمكن أن تكون زيادة الاختلاف المركزي في مدار «بلوتو» وحده، حجة كافية للدلالة على أنه كوكب صغير - إلا أن الأمر يتطلب التفكير.

وبالمناسبة، فإن زيادة الاختلاف المركزي في مدار «بلوتو»، يعني إن بُعده عن الشمس، يتفاوت بفارق كبير أثناء دورانه حولها. ففي موقعه الأقرب - «الحضيض الشمسي Perihelion» - يكون «بلوتو» على مسافة 4425 مليون كلم (2750 ميلون ميل) من الشمس. وفي الطرف الآخر من مداره، الذي يبلغه بعد، قرن وربع القرن من الحضيض الشمسي، حيث يكون في النقطة الأبعد - «الأوج الشمسي» Aphelion - يبعد 7375 مليون كلم (4583 مليون ميل) عن الشمس، أي بفارق 2950 مليون كلم (1833 مليون ميل).

قد لا يشكل هذا فارقاً يذكر بالنسبة إلى فريق من المكتشفين، متواجد فرضاً على سطح «بلوتو» بالطبع. فالشمس لا تتعدى كونها نجماً ساطعاً في سماء «بلوتو». وإذا كانت أقل سطوعاً في الأوج بقليل، منها في الحضيض، فمن الأرجح أن أحداً من فريق المكتشفين الفلكيين هناك، لن يشعر بذلك أو يأبه له.

إن الاختلاف المركزي في مدار «بلوتو» يضعه أحياناً في نقطة أقرب قليلاً إلى الشمس، مما قد يصل إليه نبتون. فنبتون في حضيضه يبعد عن الشمس 4458 مليون كلم (2771 مليون ميل)، ويكون «بلوتو» في حضيضه، أقرب منه بمسافة 33 مليون كلم (20.5 مليون ميل).

وهكذا كما يصادف، ففي سنة 1979، دنا «بلوتو» - الذي كان يقترب من حضيضه - إلى جوار الشمس أكثر من نبتون، فلم يعد عندها أبعد الكواكب لفترة ما. وفي كل من مدارات «بلوتو» حول الشمس، يبقى أقرب إليها من نبتون لفترة عشرين عاماً. في المدار الحالي، يبلغ «بلوتو» حضيضه الشمسي سنة 1989 ويعود مجدداً للابتعاد أكثر من نبتون، في العام 1999. وهولن يكرر هذه الظاهرة الغريبة قبل العام 2227 وإلى العام 2247.

المظهر الآخر من مظاهر المدار الكوكبي، هو «ميله» inclination، أي

مقدار انحرافه عن مستوى مدار الأرض. عادة ما يكون ميل الكواكب ضئيلاً، فهي تدور تقريباً في مستوى واحد بحيث أننا لو قمنا بتمثيل مصغر ذي ثلاثة أبعاد للنظام الكواكبي وصولاً حتى نبتون، لأمكنا أن نضعه بكل سهولة في واحدة من تلك العلب [القليلة الارتفاع] التي توضع فيها [فطائر] البيزا.

مرة أخرى يشذ أصغر الكواكب إلى حد ما، ففي حين يكون ميل المدارات عادة بحدود 3 درجات أو دون ذلك، نرى أن ميل مدار عطارد يبلغ 7 درجات. فلو كان الميل الشديد في مستوى المدار، يقتضي كتلة صغيرة، فماذا نقول في مدار «بلوتو»، ذي الميل الذي يبلغ 17 درجة؟ ومع أن يورانوس أصغر كتلة بكثير من زحل، فإن ميل مداره من ميل مدار زحل، وهكذا نرى أن لا علاقة بالضرورة بين ميل المدار، وبين الكتلة. فالميل الشديد في مدار «بلوتو» قد لا يكون ذا أهمية إذن - إلا أنه مدعاة للتفكير.

إن الميل الكبير في [مدار] «بلوتو» يعني أنه بالرغم من مروره مرتين عبر مدار نبتون، في مخطط ذي بعدين للنظام الكواكبي، فلا مجال إطلاقاً لأي اصطدام بين الكوكبين في المستقبل المنظور. وبشكل ثلاثي الأبعاد، فإن ميل «بلوتو» الشديد، يحمله إلى ما دون مدار نبتون، بحيث لا يدنو أحد الكوكبين من الآخر أكثر من 1300 مليون كلم (800 مليون ميل)، عندما يبدو أن المدارين يتقاطعان. وفي الواقع، فإن «بلوتو» يقترب أحياناً من يورانوس أكثر مما قد يقترب من نبتون.

إن إعتام «بلوتو» الذي يدلّ على كونه أصغر مما كان متوقعاً في البداية، يشير كذلك إلى شيء آخر، إذ إن انعكاس النور عليه ليس مستقرّاً. إذا كان «بلوتو» كوكباً صخرياً، فقد يتفاوت انعكاس النور على بعض أجزاء سطحه في الفعالية، إذ تكون صخوره أفتح لوناً في مكان ما، منها في آخر، أو تكون مغطاة في بعض منها بالجليد دون البعض الآخر. إذا كان الأمر كذلك، فلا بد مع دوران الكوكب، من أن يتفاوت تألقه بعض الشيء، وبالتالي، لا بد من تفاوت إجمالي متزامن مع فترة دورانه.

سنة 1954، قام عالم الفلك الكندي «روبرت هـ. هاردي» Robert H. Hardie مع معاونه «ميرل ووكر» Merle Walker، بقياس التألق على نحو بالغ الدقة، فخلصا إلى أن «بلوتو» يدور حول نفسه كل 6.4 أيام. (أفضل رقم حالياً

هو 6 أيام، و9 ساعات و 18 دقيقة - أو 6.39 يوم).

وهذا أيضاً يضع نقطة استفهام حول حجم «بلوتو». فالمعروف عموماً، انه كلما كبر حجم الكوكب، يكون أسرع في دورانه حول نفسه. فالمشتري، وهو أكبر الكواكب، يدور حول محوره مرة في 9 ساعات و 50 دقيقة؛ كما يدور زحل - الثاني في الكبر - خلال 10 ساعات و 14 دقيقة؛ ويدور يورانوس، أصغر العمالقة الغازية في 17 ساعة و 15 دقيقة.

أما الكواكب الأرضية - الأصغر حجماً من العمالقة الغازية، فهي ذات فترات دوران أطول من هذا: تدور الأرض في 24 ساعة؛ ويدور الجرم الأصغر - المريخ - في 24 ساعة و 37 دقيقة. إلا ان كلاً من عطارد والزهرة يدور ببطء فعلاً. ولتأثيرات الشمس الممدية علاقة في ذلك.

على الرغم من هذا، فإن «بلوتو» الذي لا يُحتمل أن يواجه أي تأثير مدّي من الشمس النائية، هو ذو فترة دورانية تزيد على ستة أيام، مما قد يبدو سمة كوكب صغير جداً. ومرة أخرى، قد يكون الأمر مجرد مصادفة. إلا أن لدينا الآن ثلاث ميزات - الاختلاف المركزي في المدار، والميل المداري، والفترة الدورانية - وجميعها دلائل على كون «بلوتو» ذا حجم صغير جداً. فإلى أي مدى يمكن أن تمتد المصادفة؟

إن المطلوب، هو قياس مباشر لقطر «بلوتو». ولكن كيف نقوم بهذا القياس؟ فمع بُعد الشاسع، وحجمه الصغير المرجح، لا يبدو «بلوتو» أكثر من نقطة ضوء، حتى في مقراب^(*) جيد، وحتى لو كان قريباً من حضيضه الشمسي أثناء الرصد. (أما إذا كان قريباً من أوجه، بقطره الظاهري الذي لا يتجاوز 3/5 قطره وهو في حضيضه، فإن الأمر يكون أكثر صعوبة).

ولكن في العام 1950، تولى المهمة عالم الفلك الهولندي - الأميركي «جيرارد بيتر كويپر» Gerard Peter Kuiper (1905 - 73) باستخدام مقراب «بالومار» Palomar - الجديد آنذاك - ذي المرآة الكبيرة: 200 إنش (508 سم). وجّه المقراب نحو «بلوتو»، وحاول تقدير عرض نقطة الضوء.

لم يكن ذلك سهلاً لأن الكوكب الصغير «بلوتو» يومض (يتلألأ) قليلاً، وتكبير حجمه عبر المقراب، يُكَبِّر الوميض كذلك. وأفضل ما توصل إليه

(*) telescope منظار فضائي يقَرَّب رؤية الأجسام السماوية - المترجم.

«كوبير»، كان تقدير حجم «بلوتو» بـ 0.23 ثانية قوسية. (بالمقارنة، لا تقل رؤية الكوكب نبتون عن 2.2 ثانية قوسية أبداً. أي ان اتساع «بلوتو» الظاهري يعادل عُشر 1/10 اتساع نبتون).

إن مقدار 0.23 ثانية قوسية الظاهري لـ «بلوتو»، يعني - بالنظر إلى بُعده الشاسع - ان قطره سوف يكون في حدود 6100 كلم (3800 ميلاً). وهذا ما يجعل كوكبنا - الذي تضاعل حجمه بشكل لا يُصدّق - أصغر من الأرض، بل أصغر من المريخ ذي القطر البالغ 6790 كلم (4220 ميلاً). وبدلاً من كونه الخامس في الحجم بين الكواكب، فهو سوف يصبح الثامن، إذا بقي دونه عطارد وحده من بين الكواكب الرئيسية.

لم يرضَ الجميع عن الرقم الذي توصل إليه «كوبير»، ذلك ان تحديد قطر «بلوتو» عن طريق المشاهدة في المقراب، أمر غير موثوق. فثمة طريقة أخرى. لحظة بعد أخرى، يمر «بلوتو» أثناء سيره البطيء في السماء، على مقربة من أحد النجوم المعتمة. فإذا حدث ومرّ أمام نجم ما (الكسوف العابر أو الانحجاب)، occultation فإن النجم سوف يخبو (ينحجب) لفترة تختلف مع وجوده خلف «بلوتو» عندما يكون قريباً من أحد طرفي مداره، أو في مواجهة مركزه. فإذا تمكّنا من تحديد موقع النجم بدقة، وكذلك مركز مدار «بلوتو»، وإذا أمكن تحديد المسافة الدنيا بين الاثنين بدقة، مع قياس فترة أو كسوف النجم، يمكن عندها تحديد قطر «بلوتو» إلى درجة مقبولة من الدقة.

بالطبع، قد يحدث أن يخطيء «بلوتو» النجم قليلاً. في هذه الحال، إذا قسنا المسافة بين مركز «بلوتو» وبين النجم، يمكن تقدير الحد الأقصى لقطر «بلوتو»، أي القطر الذي سوف يجعله بالضبط يخطيء النجم.

في 28 نيسان/إبريل 1965، كان «بلوتو» يقترب إلى امام نجم معتم في كوكبة (مجموعة) «ليو» Leo، بحيث ان «بلوتو» إذا كان بحجم الأرض أو المريخ، فسيحجب النجم. ولكنه «أخطأ»، ومن هذه الواقعة أمكن الحساب بأن قطر «بلوتو» لا يمكن أن يتعدى 5790 كلم (3600 ميلاً)، بل قد يكون أصغر من ذلك بالفعل.

وهكذا، بدا أن حجم كوكبنا - المنكمش بشكل غير معقول - لن يكون أكثر من وسطي بين حجمي المريخ وعطارد، ولن تزيد كتلته عن 1/16 من كتلة الأرض - بل قد يكون أقل من ذلك.

أخيراً، وبشكل غير متوقع حُلَّ الإشكال، في حزيران 1978. كان عالم الفلك «جاييمس كريستي» James Christie، يقوم في مدينة واشنطن بدراسة صور فوتوغرافية ممتازة، أخذت لـ «پلوتو» بواسطة مقراب ذي 61 إنشاً (155 سم) في أريزونا، على ارتفاع كبير عن سطح البحر، حيث تأثيرات الطبقة الهوائية المتداخلة ضعيفة جداً.

درس «كريستي» الصور مع تكبير بالغ، فتبين له تتواء على سطح «پلوتو». أيكون ذلك ناتجاً عن تحرك المقراب قليلاً عند أخذ الصورة؟ كلا. ففي مثل هذه الحال، تبدو النجوم المتواجدة في حقل الصورة جميعاً، على شكل خطوط قصيرة؛ إلا انها كانت كلها، نقطاً صحيحة دقيقة.

وتفحص «كريستي» صوراً أخرى مكبرة، فكانت كلها تحمل ذلك التواء. وبالإضافة، فقد لاحظ «كريستي» ان موقع التواء كان يختلف بين صورة وأخرى. وبحماس بالغ، حصل «كريستي» على صور سابقة، يعود بعضها إلى ثماني سنوات خلت، فتبين له ان التواء كان يدور حول «پلوتو» دورة كل 6.4 أيام - وهي فترة دورة الكوكب على محوره.

فإما أن يكون على سطح «پلوتو» جبل ضخيم، أو أن يكون له قمر قريب منه. كان «كريستي» - واثقاً من انه قمر، وهذا ما تأكد نهائياً سنة 1980، عندما قام عالم الفلك الفرنسي «أنطوان لابيري» Antoine Labeyrie - الذي يعمل على قمة [جبل] «موناكيا» Mauna Kea في هاواي Hawaii، باستخدام تقنية مقياس التداخل النقطي. لقد أظهر هذا، الكوكب «پلوتو» بشكل نمط من النقط، وصنع له نمطين، أحدهما كبير والآخر صغير، من دون أي رابط بينهما. وتبين بشكل حاسم ان هنالك قمراً للكوكب «پلوتو».

أطلق «كريستي» على القمر إسم «كيرون» (KAY - ron) Charon تبعاً لاسم قبطان المعدية (ferryboat) الذي تروي الخرافة الإغريقية انه كان يحمل أرواح الموتى عبر «نهر ستيكس» River Styx إلى مملكة پلوتو السرية تحت الأرض. (شخصياً، كنت أفضل إسم «پرسفون» Persephone للقمر، وهو اسم زوجة پلوتو، إلا ان «كريستي» على ما يبدو، كان متأثراً بكون اسم زوجته «هو»: «كارلين» Charlene).

وفي العام 1980، مر «پلوتو» من أمام نجم آخر ولكنه أخطأه (كما يُرى من الأرض). ومع ذلك، عبر كيرون أمامه فشاهد احتجاب النجم من مرصد في جنوب

إفريقيا، على يد عالم فلكي يدعى «ا. ر. ووكر» A.R. Walker. خبا النجم لفترة 50 ثانية، مما يطعي «كيرون» قطراً بحد أدنى 1170 كلم (730 ميلاً).

ولكن لدينا الآن طريقة أفضل في تحديد الحجم، فعندما نعرف بُعد قمرٍ ما عن الكوكب الذي يدور حوله، يمكننا حساب كتلة الكوكب مع قمره. ومع الافتراض ان تركيبهما الكيميائي واحد، يمكننا معرفة كتلة كل منهما.

تبين إن «كيرون» يبعد 19400 كلم (12000 ميل) عن «بلوتو»، وهو ما يعادل $1/20$ من بعد قمرنا عن الأرض. وبالتالي، فلا غرابة، بالنظر إلى بُعد «بلوتو» عنا، أن يبقى قمره - القريب منه إلى هذا الحد - مجهولاً طوال ما يقرب من نصف قرن.

تم حساب كتلة «بلوتو»، فكانت 0.0021 ($1/500$) من كتلة الأرض، وتبين إن هذا الكوكب المنكمش بشكل لا يُصدق، أصغر كتلة من عطارد. في الواقع هو أكبر بقليل من سدس ($1/6$) كتلة قمرنا. وثبت أخيراً ان جميع القياسات التي كانت تشير إلى كون «بلوتو» كوكباً صغيراً جداً، هي صحيحة. أما «كيرون»، فإن كتلته تعادل عُشر ($1/10$) كتلة «بلوتو».

والآن، وقد عرفنا مدى صغر «بلوتو»، لا يمكننا التصوّر بانه مؤلف من صخور. فنظراً لحجمه الصغير، لا يمكنه أن يعكس من النور، بصخوره الجرداء، ما يبرر تألقه الذي نشاهد. فلا بد وانه جسم جليدي، الأمر الذي يجعله أقل كثافة وأكبر حجماً، بحيث يعكس مزيداً من الضوء الذي يتلقى. ويعتبر حالياً ان قطر «بلوتو» يبلغ 3000 كلم (1850 ميلاً)، سبعة أثمان ($7/8$) قطر قمرنا؛ وقطر «كيرون» 1200 كلم (750 ميلاً)، وهو قريب من التقدير الذي تم أثناء كسوف 1980.

هذا يعني ان هنالك - إضافة إلى الكواكب الثمانية - سبعة أقمار أكبر كتلة من «بلوتو» (وهي: «القمر»، «أيو»، «يوروبا»، «غانيميد»، «كالليستو»، «تيتان» و «تريتون»^(*)). فهو لم يعد الخامس بين كبار الكواكب في النظام الشمسي، ولا حتى الثامن، بل انكمش ليصبح في المرتبة السادسة عشرة من الكبر.

حاول بعض علماء الفلك في الماضي إنكار الحجم الظاهري الصغير

(*) على التالي: The Moon, Io, Europa, Ganymede, Callisto, Titan and Triton.

للكوكب «بلوتو»، ليجعلوه ذا حجم وقوة جاذبية، عن طريق الإيحاء بان سطحه أملس وجليدي، وان نقاط الضوء الظاهرة، لم تكن «بلوتو» نفسه، بل الانعكاس المحدود للضوء على ذلك السطح الأملس، وتقبل آخرون الحجم الصغير ولكنهم مع ذلك حاولوا الحفاظ على كتلة عالية، بتصورهم كثافة شديدة.

أما الآن، فقد استنفدت كل الحيل، وعرف ان «بلوتو» صغير الحجم، كما يمكن حساب كثافته من حجمه وكتلته. تبين ان كثافته ضئيلة، بل أقل من أي توقع ممكن (وهذا أيضاً مفاجأة كبرى): فكثافته لا تزيد عن 0.55 من كثافة الماء، حتى إنه أقل كثافة من زحل (0.7) الذي كان حتى ذلك الحين، الأقل كثافة بين سائر الكواكب المعروفة.

وهو أصغر من أن يكون مؤلفاً من هيدروجين وهليوم ونيون، وبالتالي فلا بد وان يكون جليدياً. والميثان المتجمّد (توالف من ذرات الكربون والهيدروجين)، هو الأخف وزناً بين الأجسام الجليدية المألوفة، إذ يعادل نصف كثافة الماء. فقد يكون «بلوتو» والحالة هذه، مؤلفاً في معظمه من الميثان المتجمّد. في هذه الحال، تكون له طبقة جوية رقيقة من بخار الميثان البالغ البرودة. فحتى مع بُعد «بلوتو» عن الشمس، فإن بعض الميثان قد يتبخر، ويكون البخار بارداً إلى حد انه يبقى معلقاً في الجو، حتى مع جاذبية «بلوتو» ذي المساحة الصغيرة.

ولننظر الآن في كتلة «غانيميد»، أكبر أقمار المشتري، وهي 0.1 بالآلف من كتلة كوكبه. أما كتلة «تيتان»، أكبر أقمار زحل، فهي 0.25 بالآلف من كتلة كوكبه، وكتلة «تريتون»، أكبر كواكب نبتون، 1.3 بالآلف من كتله كوكبه. بشكل آخر، فإن كتلة القمر هي 1.23 بالمئة من كتلة الأرض. ولم يكن هنالك، قبل العام 1978، أي قمر آخر، بهذه النسبة الكبيرة من الكتلة.

ثم جاء بعد ذلك «كيرون» الذي يبلغ نسبة 100 جزء من الآلف من كتلة «بلوتو» (أي العشر 1/10). وبالمقارنة، نجد أن كتلة «كيرون» بالنسبة إلى «بلوتو»، أكبر بثمانية أضعاف من كتلة القمر بالنسبة إلى الأرض. وبذلك يكون التوالف «بلوتو- كيرون» قد نجح في انتزاع اللقب: «الكوكب المزدوج».

ثمة شيء أخير: إن هذا التوالف «بلوتو- كيرون» لا يُعتبر ذا شأن يذكر، من حيث الجاذبية، ولا يمكن ان يكون له تأثير ملموس على مدار يورانوس.

ومع ذلك، فالشذوذ في مدار يورانوس، واحتمالاً في مدار نبتون، ما زال موجوداً.

فما الذي يسبب ذلك؟.

«الكوكب X». فقد يكون في مكان ما من الفضاء البعيد، وقد يكون عملاقاً غازياً، كما كان مفترضاً في السابق، فالاكتشاف العفوي للكوكب الصغير «بلوتو»، حوّل أنظارنا بعض الشيء عن البحث. فلتتابع الرصد.

(ملحق)

هذه مجموعتي الرابعة والعشرين (دزيتان؟) من المقالات في «مجلة الخيال، والخيال العلمي»، ولا يمكن تصوّر سروري: (أ) لبقائي على قيد الحياة بحيث تسنى لي جمع هذا المقدار، (ب) لأن المجلة تحملت العمود المخصص لي، طوال هذه المدة، (ج) لأن لطف القيمين في «دبلداي» Doubleday كذلك، جعلهم يتحملوني برحابة صدر.

إلا إن الأمر لا يخلو من صعوبات. فعندما اكتب مقالاً حول موضوع ما، أصبح شديد الولع والحساسية بالنسبة إلى التطور اللاحق في ذلك الموضوع بالذات ويزعجني أن أكون متخلفاً زمنياً، أو أن يتم شيء أعارضه في هذا الصدد، أو - ولنقل أي شيء.. وبما اني أكتب المزيد والمزيد من المقالات، فإن أمامي فرصاً متزايدة للحساسية، وتفقد الحياة شيئاً من هئائها.

وهكذا، فقد أضفت إلى هذه المجموعة، كفصل تاسع، مقالاً اسميته «الكوكب المنكمش الذي لا يصدّق»، يصف اكتشاف «بلوتو»، وكيف أدّى قياس قطره على مراحل، إلى أرقام أصغر فأصغر. ففي البدء، كان يُتوقع بكل قناعة أن يكون أكبر من الأرض، ثم تبين أن ذلك خطأ - وبشكل متزايد في الواقع، إلى أن ثبت الآن، وبعد مختلف التحريات، انه أصغر من القمر.

كان الرقم النهائي الذي قدّمته في مقالتي لقطر «بلوتو»: 1850 ميلاً (3000 كلم)، وقد كُتب المقال في خريف 1986. وجاء تقرير في ربيع العام 1987، فخفض الرقم إلى 1600 ميل (2500 كلم). فإذا كان الرقم الأصغر صحيحاً، يصبح قطر «بلوتو» مساوياً لثلاثة أرباع (3/4) قطر القمر وبالإضافة. فيما أن «بلوتو» مكوّن من مواد جليدية خفيفة، بدلاً من الأجسام الصخرية الثقيلة - كما هي حال القمر، فإن كتلته قد لا تزيد عن سدس (1/6) كتلة القمر.

ثم إن عدداً من علماء الفلك - ربما أزعجهم أن لا يكون «بلوتو» ذا حجم محترم - يطمنون الحط من مرتبته، بقولهم إنه يجب أن يُعتبر كويكباً لا كوكباً. وبما أنني كتبت حول هذا الموضوع، أشعر أن من حقي إسماع رأيي، وأعتقد ان هذا الاقتراح مضحك. .
فهناك ثلاثة نماذج من الأجرام في النظام الشمسي، يمكن تصنيفها بمتهى الدقة:

- (1) الشمس. وهي الجسم الوحيد الكبير في النظام الشمسي الذي انطلق التفاعل النووي في مركزه. إنه نجم ذو إشعاع قوي منظور.
- (2) الكواكب. وهي ليست ذات إشعاع قوي، وتتحرك في مدارات حول الشمس.
- (3) الأقمار. وهي ليست ذات إشعاع قوي، وتتحرك في مدارات حول الكواكب.

ولا مجال للالتباس بين أحدها والآخر، إذ ليس ما يدفعنا حتى الى تسمية أكبر الكواكب شمساً، كما اننا لا نجد صعوبة في التمييز بين كوكب وقمر. إلا ان مجموعة الكواكب كثيرة التنوع؛ وهذا ما بقي عالقاً في ذهن علماء الفلك خلال العقد الأول من القرن التاسع عشر، عندما اكتشفت أربعة كواكب، أصغر بكثير من سائر الكواكب الأخرى، كانت تدور حول الشمس في مدارات تقع بين مداري المريخ والمشتري. كان أكبر هذه الأجسام (ولا يزال الأكبر حتى الآن رغم اكتشاف الآلاف من الأجسام الإضافية) هو «سيرس» Ceres، ولا يزيد قطره عن 640 ميلاً (1000 كلم) - بالمقارنة مع قطر عطارد، 3013 ميلاً (4850 كلم)، وهو أصغر كوكب معروف حتى ذلك الوقت. ولا يزيد «سيرس» على الأرجح عن 1/200 من كتلة عطارد.

اقترح عالم الفلك «وليام هرشل» William Herschel أن تُسمّى هذه الكواكب الصغيرة «كويكبات» (من الكلمة اليونانية التي تعني «شبيه بالنجم» asteroid) لأنها كانت تبدو في المقراب نقطة مضيئة كالنجوم، بدلاً من كونها دوائر متسعة من الضوء شأن الكواكب الكبرى.

إذن، فأفضل تحديد للكويكب، هو أن نسميه كوكباً صغيراً يدور حول الشمس في مدار بين مداري المريخ والمشتري. ومرة أخرى، فإن شعوري الشخصي هو ان كلمة «كويكب» هي لفظة بالية. وإذا أردنا التمييز بين الكواكب

على أساس الحجم، علينا أن نتحدث عن «كواكب كبرى» و «كواكب صغرى». والأكثر من ذلك، ان الأجسام الصغيرة جداً، مثل «النيازك الدوارة» وجسيمات الغبار التي تترواح أحجامها من عدة ياردات (Yards) إلى أجزاء ضئيلة من الإنش، يحسن أن تسمى كواكب مجهرية، بل إن المذنبات يجب كذلك أن تسمى «كواكب مذنبية».

ولكن، إذا كان العلماء يقبلون بهذا الاقتراح - البالغ الذكاء! - ويصنفون سائر الأجسام التي تدور حول الشمس بمراتب متفاوتة من «كوكب»، فماذا عساهم يسمّون «پلوتو» - أوكوباً أكبر أم كوكباً أصغر؟.

منذ البداية، وبحكم عادة ترجع إلى آلاف السنين، كان عطارد يُعتبر كوكباً ولم يزعم أحد حتى اليوم، خلاف كونه أحد الكواكب الكبرى، ولو انه قد يُعتبر أصغرها جميعاً. فلنقل إذن أن أي جسم بحجم عطارد وكتلته على الأقل، هو كوكب كبير.

هنالك ثلاثة أقمار فقط، بحجم عطارد أو أكبر قليلاً، وهي «غانيميد»، و «كالليستو» و «تيتان». ولكن لا إلتباس هنا. ف «غانيميد» و «كالليستو» يدوران حول المشتري، و «تيتان» يدور حول زحل. وعلى الرغم من كبر أحجامها، فهي معروفة عالمياً بكونها أقماراً، لا كواكب. ثم إن هذه الأقمار الكبيرة مكوّنة من مواد جليدية خفيفة نسبياً. فحتى كتلة أكبرها، لا تزيد عن نصف كتلة عطارد. - إلى هنا، لا إعتراض.

وإذا استثنينا «پلوتو» الآن، يبقى «سيرس» أكبر جسم كويكبي، فهو أكبر بكثير من أي كويكب آخر - داخل أو خارج حزام الكويكبات. كما انه أكبر من أي مذنب معروف. وسيكون صحيحاً أن يقال: إن الكوكب الصغير (أو الكويكب) هو أي جسم يتحرك في مدار حول الشمس، بحجم وكتلة يعادلان حجم وكتلة «سيرس»، أو دونهما.

وهذا يترك فجوة كبيرة بين «سيرس» وعطارد. فقطر عطارد يعادل خمسة أضعاف قطر «سيرس» تقريباً، وكتلته حوالي 200 ضعفاً. في هذه الفجوة، يقع «پلوتو»؛ فقطره - إذا اعتمدنا الرقم 1600 ميل (2500 كلم) - يعادل ضعف قطر «سيرس» ونصف الضعف (2.5)، في حين يعادل قطر عطارد، ضعف قطر «پلوتو» تقريباً. وبالتالي يكون «پلوتو» وسطاً بين الاثنين. أما بالنسبة إلى الكتلة، فقد تعادل كتلة «پلوتو» 16 مرة كتلة «سيرس»، إلا أن كتلة عطارد تعادل بدورها 16

مرة كتلة «بلوتو». ومن جديد، يكون «بلوتو» وسطاً بينهما.
ولكن في هذه الحال، هل نسمي «بلوتو» كوكباً أكبر، أم كوكباً أصغر؟
ربما - لو كان «بلوتو» يعقل - لكان يفضل أكثر بكثير أن يكون أكبر الكواكب
الصغرى، من أن يكون أصغر الكواكب الكبرى. (ينسبون إلى «يوليوس قيصر»
Julius Caesar قوله: «أفضل أن أكون الأول في قرية إسبانية صغيرة، من أن
أكون الثاني في روما!»).

بيد أن اقتراحي الشخصي هو: أن يُسمّى كل ما هو بحجم عطارد فما
فوق، كوكباً أكبر، وكل ما هو بحجم «سيرس» فما دون، كوكباً أصغر؛ وكل ما
هو بين عطارد و«سيرس»، «كوكب وسطي» Mesoplanet. و«بلوتو»، هو
الكوكب الوسطي الوحيد، المعروف حتى الآن.
أفلا يبدو هذا معقولاً؟.

الأجرام الصغرى

كنت أتناول طعام الغداء مع أحد المحررين في مطعم قريب، الشهر الماضي. اقترب مني المدير وقال إنه يكره مقاطعتنا، ولكن هنالك سيد يرغب في التعرف إليّ. فتنهدت، ونظرت إلى رفيقي بشيء من العصبية (كان لدي شعور دائم بأنه قد يُشتبه في كوني أقوم بتدبير مثل هذه الأمور، لخلق انطباع بالأهمية) وقلت:

«حسنٌ، فليتفضل».

وجاء رجل مربع القامة، نحيل نوعاً، ذو عينيْن سوداوين، وحرقة^(*) بارزة، يرتدي قميصاً مفتوحاً عند القبة، وله لحية لم تحلق منذ الأمس. لم أقف له، لأن من بين امتيازات السنّ المتقدمة، أن يبقى المسنّ جالساً، في حين يُضطر الأصغر سنّاً إلى الوقوف، ويعرف الجميع إن الحكمة تقضي، عندما تشيخ مفاصل الركبة، بأن لا نجسمها مجهوداً غير ضروري.

رسمت على سحتي ابتسامة لطيفة، وقلت: أهلاً، للقادم الجديد، الذي قال لي بكل جدية:

(*) عقدة الحنجرة، وتسمى «تفاحة آدم» - المترجم.

«دكتور عظيموف، ان اسمي «موراي أبراهام» Murray Abraham، وأود أن أقول لك إن كتابك عن شكبير...».

ولم يتمكن من إكمال كلامه، لإني «عند ذاك»، انتصبت واقفاً، وبمتهى النشاط.. قلت باقتناع تام:

«أنت لست «موراي أبراهام».. أنت «أنطونيو سالييري» Antonio Salieri!».

واختلط الحديث بعد ذلك، فأصبح مجرد فوضى. لم أعره انتباهاً وهو يتحدث عن مؤلفاتي. أردت أن أحدثه عن أجادته التمثيل في الفلم السينمائي «أماديوس» Amadeus. وبما اني كنت أكبر منه سناً، أعتقد انه أخيراً، رأى من اللياقة المفترضة، أن يدعني أكمل حديثي. ولم أعرف أبداً، ما كان يريد قوله حول كتابي عن شكبير..

حدث ذلك هكذا، كما ترون. نادراً ما أرتاد دور السينما، لانهماكي خصوصاً على طابعتي (آلي الكاتبة) ومُعالج الكلمات (قد تستغربون كيف يأكل كاتب غزير الإنتاج في هذه الأيام..). ومع ذلك، فقد اغتتمت فرصة مشاهدة «أماديوس».

تأملت برهبة وإعجاب، كيف كان «ف. موراي أبراهام» (الذي لم أره من قبل) يقوم بدور «سالييري» الصعب، وهو دور الشرير والمشير للشفقة في آنٍ معاً. وعند حوالي منتصف عرض الفلم، إلتفت نحو زوجتي الحبيبة «جانيت» قائلاً: «سوف يفوز هذا الشاب «أبراهام» بجائزة الأكاديمية على دوره».

لم أشهد من قبل أي منافسة، بيد أنني كنت واثقاً من أن أي تجسيد لشخصية سينمائية في هذه السنة، لن يبلغ مستوى «أبراهام». لقد أدركت الكمال عندما شاهدته.

وبالطبع، لقد فاز «أبراهام» - «فعلاً» - بجائزة الأكاديمية. كنت في غاية النشوة لهذا النصر، فهو بمثابة تقدير لرأيي الخاص «بأبراهام».

لهذا السبب، كنت شديد الحماس عند مقابله. ولهذا السبب أنكرت اسمه. قد يكون الآن، وإلى الأبد، «ف. موراي أبراهام» بالنسبة إلى نفسه. أما بالنسبة إليّ، فهو «أنطونيو سالييري»!.

حين رحت أتأمل صعوبة التمييز بين الممثل وبين دوره، قادتني سلسلة التفكير إلى موضوع التمييز بين المذنب، وبين الكويكب. وها هو:

وما دما في صدد التمييز بين المرتبتين الرئيسيتين للأجرام الصغرى في النظام الشمسي، فلنبداً بتعريف كل منهما:

الكويكبات (أو الكواكب الصغيرة) asteroids هي حشد من أجسام صغيرة تدور حول الشمس، بين مداري المريخ والمشتري، بعضها قد يبلغ حجماً كبيراً، مثل «سيرس» Ceres ذي القطر 1000 كلم (600 ميل). وهناك عشرات منها بقطر 100 كلم (60 ميلاً)، إلا أن معظم هذه الكويكبات التي قد يتعدى عديدها 100.000، صغير الحجم، لا يتجاوز قطره عدة آلاف من الأمتار.

وهناك حشد آخر من أجسام صغيرة، تدور افتراضاً حول الشمس، ولكن على مسافة أبعد بكثير. ففي حين تدور الكويكبات على مسافة حوالي 400 مليون كلم (250 مليون ميل)، قد تصل أبعاد المدارات الأخرى إلى نحو سنة ضوئية أو سنتين، أي أبعد من الكويكبات عن الشمس بنحو 35000 مرة. ولنسُم أجسام الحشد الآخر، والبعيد جداً، «شبه مذنبات» Cometoids (هذه التسمية هي من اختراعي الشخصي، ولا يستعملها علماء الفلك على ما أعلم).

بالطبع، لم يسبق لعالم فلكي أن أجرى دراسة - أو حتى شاهد أياً من «أشباه المذنبات» التي تدور حول الشمس، في مناطقها البعيدة النائية: فهي من البُعد والصغر، بحيث تعجز كل وسيلة عن اكتشافها. ولا يُستدلّ على وجودها إلا من خلال وجود المذنبات والدراسة الدقيقة لمداراتها وبنيتها وسلوكها. ولهذا السبب، أَسَمِي أجسام ذلك الحشد الافتراضي البعيد، أشباه مذنبات، كَنَحَتْ من كلمة «مذنب».

إن أشباه المذنبات، والكويكبات، كلاهما أجسام صلبة وصغيرة نسبياً، في مدار حول الشمس. وليست الأولى أبعد بكثير عن مركز النظام الشمسي وحسب، بل يُعتَقَد كذلك بأنها الأكثر عديداً. لقد اُطلعت على تقديرات تقول أن عددها قد يصل إلى 100 مليار شبه مذنب - أي بمعدل مليون شبه مذنب مقابل كل كويكب.

إلا أن الفوارق في المسافة وفي العدد، لا تشكل ميزة كافية، فلو كانت هذه هي الفوارق الوحيدة، لما استطعنا التمييز بين «شبه مذنب» وبين «كويكب»، إذا وضعناهما جنباً إلى جنب.

هناك فارق مهم، في البنية الكيميائية، يتوقف مباشرة على الفارق في المسافة.

لقد تكوّنت أشباه المذنبات والكويكبات عندما كان النظام الشمسي في طور تكوينه. بل إنها تكوّنت من سديم الغبار والغاز الذي منه تكوّنت الشمس والكواكب. ويؤكد علماء الفلك أن هذا السديم كان في معظمه مؤلفاً من الهيدروجين والهليوم، مع خللاط إضافية من ذرات أخرى، مثل الكربون والتروجين والأكسجين والنيون والأرغون والسليكون والحديد.

فالهيدروجين والهليوم والتروجين والأكسجين والنيون والأرغون - هي جميعاً غازات لا تتجمد بسهولة، حتى مع بُعدها الشاسع عن الشمس. إلا أن الهيدروجين يتفاعل مع الأكسجين لتوليد الماء، ومع التروجين لتوليد النشادر، ومع الكربون لتوليد الميثان. وهذه المواد تتجمد في أجسام صلبة، تشبه الجليد (أي الماء المتجمد) في مظهرها، وتعرف معاً باسم «جليد».

أما العناصر المتبقية - وهي في حدود النصف في المئة (0.5%) من المجموع، فتلتزم في معادن ومواد صخرية.

انطلاقاً من هذه الاعتبارات، قام عالم الفلك الأميركي «فرد لورنس وِهيل» Fred Lawrence Whipple (1906 -) سنة 1950، بطرح المفهوم القائل بأن أشباه المذنبات هي «كرات ثلجية متسخة»: كتل كبيرة من الجليد (ماء متجمّد في معظمه) مع جسيمات حجرية ومعديّة موزعة على شكل غبار، وأحياناً قطع كبيرة. كما يُحتمل، في بعض أشباه المذنبات، وجود صخور صلبة وخامات معدنية.

وقد يبدو من بعض الحسابات، أن شبه المذنب يتألف في ثلثيه (2/3) من الجليد، وفي ثلثه الثالث من صخور ومعادن.

وأشبه المذنبات هي كرات ثلجية متسخة، لأنها تكوّنت بعيداً عن الشمس وفي تزامن مع تكوّن الشمس نفسها. كانت الشمس الفتية تصبّ الحرارة في كل اتجاه، مصحوبة برياح شمسية عنيفة. فقامت الحرارة بتبخير المواد السهلة التبخر، والرياح الشمسية قذفت بها بعيداً إلى الخارج. أما الأجسام الكبيرة، كالمشتري وزحل، تمكنت من الاحتفاظ بالأبخرة الناتجة، نظراً لحقول جاذبيتها الضخمة، في حين عجزت الأجسام الصغرى، كأشبه المذنبات، عن المقاومة، فلم تتمكن من الاحتفاظ بعناصر الهيدروجين والهليوم والنيون التي بقيت غازية

حتى مع الحرارة الضعيفة للشمس البعيدة - ولكنها «تمكّنت» من الاحتفاظ بتلك المواد التي تجمّدت في جليد، عند درجة الحرارة المدنية لامتدادات الفضاء السحيقة.

ولكن، لو أن الأجسام الصغرى تكوّنت «على مقربة» من الشمس - كحزام الكويكبات مثلاً - لاختلّفت النتيجة.

فالكويكبات المتكونة في الجوار النسبي للشمس، تتلقى من حرارتها ما يكفي لتحويل كل ما تجمّد من جليد إلى بخار آخر الأمر. وفي الواقع، سوف تكون الحرارة عالية بحيث لا يتكوّن الجليد أصلاً. ثم ان الرياح الشمسية سوف تقذف بكل هذه الأبخرة نحو أطراف النظام الشمسي البعيدة، حيث تسهم عندها في تكوين أشباه المذنبات.

فالكويكبات إذن، مكونة كلياً من الأجزاء الصخرية والمعدنية المتبقية. وهذه القلة القليلة من مواد البناء، هي التي تجعل عدد الكويكبات أقل بكثير من عدد أشباه المذنبات، كما تجعلها أصغر حجماً على العموم.

إذن، فالأمر المميز، هو أن الكويكبات مؤلفة من صخور أو معادن - أو خليط منهما، مع وجود بعض الجليد بكميات ضئيلة جداً، أو انعدامه كلياً، في حين تتألف أشباه المذنبات من الجليد بشكل رئيسي، مع صخور ومعادن تشكل المواد الغريبة الضئيلة.

ويمكن لعالم الفلك الذي يرصد جسماً صغيراً على مسافة مقرابية، أن يُصنّفه شبه مذنب أو كويكب، وفقاً لنمط انعكاس النور عليه. ف شبه المذنب، الجليدي، يعكس من النور الساقط عليه، نسبة مئوية أكبر بكثير مما يعكسه الكويكب الصخري أو المعدني.

بالإضافة، وبسبب هذا الفارق في التركيب الكيميائي، يحدث لأشباه المذنبات، ما لا يحدث إطلاقاً للكويكبات.

مرة بعد أخرى، تضطرب أشباه المذنبات البعيدة في مدارها المهيّب ذي المليون سنة حول الشمس. وقد يقع اصطدام أحياناً بين شبهي مذنب، يُحوّل الطاقة من أحدهما إلى الآخر، فيبطيء الأول ويُسرّع الثاني - أو أن قوة جاذبية النجوم الأقرب، تبطيء - أو تسرّع - سير شبه المذنب، وفقاً لموقع النجوم. ف شبه المذنب الذي ينال مزيداً من الطاقة والسرعة، يُمعن في ابتعاده عن الشمس،

وقد يضيع منها إلى الأبد، إذ ينطلق في مسار لا نهاية له في فضاء ما بين النجوم. أما شبه المذنب الذي يفقد من طاقته وسرعته، فيقترب من الشمس، وقد يدخل منطقة تواجد الكواكب الكبيرة.

وقد يؤدي تأثير جاذبية الكواكب البعيدة على شبه المذنب السائر في جوارها، إلى إلزامه بمدار جديد أساساً - مدار يقربه من الشمس في أحد طرفيه. حتى أن تأثير الكواكب قد يحتبسه (أو «يروّضه»)، بحيث يبقى مداره كلياً داخل المنطقة الكوكبية من النظام الشمسي. عندها، يصبح مذنباً ذا «مدى قصير». بدلاً من دورانه حول الشمس في مدى ملايين السنين، تتضاءل مدة مداره إلى قرن أو نحوه، بل ربما إلى أقل من ذلك.

وأشباه المذنبات، لا تُعمّر طويلاً مع اقترابها من الشمس - على الأقل حسب مقاييس علم الفلك. وسواء اكتسبت أشباه المذنبات مزيداً من الطاقة فابتعدت عن الشمس، أو خسرت من طاقتها وصارت إلى التلاشي أخيراً في جوار الشمس، فهي لن تكون في حزام أشباه المذنبات. وتشير التقديرات إلى أنه، منذ وجود النظام الشمسي قبل حوالي 4.5 مليارات سنة، فإن الخمس (1/5) من حشد أشباه المذنبات قد تلاشى. والباقي هو الجزء الأكبر بكثير.

ولنركز الآن على أشباه المذنبات التي تقترب من الشمس. فعند اقترابها للمرة الأولى، تتعرض لحرارة لم تعرفها عندما كانت بعد في الحشد البعيد. ومع ارتفاع حرارة شبه المذنب، يتبخّر الجليد، فتحرر جسيمات غبار الصخور والمعادن، لأن جاذبية شبه المذنب أضعف من أن تحتفظ بها على سطحه، فتحملها حركة البخار المتصاعد بحيث يُشكّل البخار والغبار نوعاً من طبقة جوية تحيط بشبه المذنب، وتتألق جسيمات الغبار في ضوء الشمس. ومع اقترابه من الشمس، يُشكّل شبه المذنب هالة «ذؤابة» Coma مضيئة، توجهها الرياح الشمسية نحو الخلف، على شكل «ذيل».

يتعاضد هذا الذيل في حجمه وتألقه كلما اقترب شبه المذنب من الشمس، فيبدو - إذا كان كبير الحجم وقريباً من الأرض - منظرًا رائعاً مع ذيله الذي يشكّل قوساً طويلاً في السماء. في هذه الحال فقط، يمكننا أن نشاهد وأن ندرس شبه المذنب. وهو من الكلمة اليونانية بمعنى «الشعر»، لأن الذيل كان يشبه في خيال اليونان، شعر إنسان طويل منفلت، ينسبل إلى الخلف، مع تحرك المذنب في السماء.

أما الفارق بين «المذنب» (بدلاً من شبه المذنب) وبين الكويكب فأشبهه بالعبوة أطفال.

فالكويكب هو مجرد نقطة مضيئة في السماء، حتى ولو شوهده بواسطة أفضل مقراب. وهو يبدو كالنجم (ومن هنا اسمه بالإنكليزية asteroid أي شبه النجم) ولكنه يميّز عن النجوم بكونه يتحرك أمام خلفية النجوم الحقيقية.

أما المذنب، فهو جسم أكثر تألقاً بكثير، ضبابي في مظهره وغير منتظم في شكله. والمذنبات الكبيرة لها ذيل طويل وهي متألقة بحيث تراها العين المجردة. فحتى الصغيرة منها والبعيدة التي لا ترى إلا بالمقراب، تبدو ذات هالة ضبابية، ما لم تكن بعيدة جداً عن الشمس.

مع ذلك، فثمة فارق آخر بين الإثنين: ففي حين أن الكويكب جسم دائم، فإن المذنب يهرم بسرعة. وقد لا يتضح الفارق بين مذنب «هرم» وبين كويكب.

وفي كل مرة ينزلق فيها المذنب حول الشمس، يتبخر مقدار كبير من مادته، ويندفع بعيداً - بلا عودة. فهو إذن في كل مرة يمر فيها حول الشمس، أصغر منه في سابقتها، وقد يتلاشى آخر الأمر.

وقد شاهد علماء الفلك حصول ذلك. كانت الحالة الأشهر، حالة المذنب «بيالا» Biela. وقد سُمّي كذلك لأن مداره عُرف لأول مرة سنة 1826 على يد أحد هواة علم الفلك النمساويين، «ولهم فون بيالا» Wilhelm Von Biela (1856 - 1782). كان للمذنب مدار صغير، يبلغ فيه حضيفه الشمسي كل 6.6 سنوات. شوهده سنة 1846، حيث كان قد خسر ما يكفي من المادة لانشطاره نصفين، فظهر مذنبان بدلاً من مذنب واحد. وفي العام 1852 ظهر المذنب المزدوج من جديد، بعيد كل منهما عن الآخر، مع كون الجزء الأصغر باهتاً جداً.

بعد ذلك، لم يُشاهد المذنب «بيالا» أبداً. والظاهر أنه تبخر كلياً - بتعبير أكثر إثارة - إنه مات. وقد رصدت بعد ذلك انشطارات واختفاءات أخرى. إلا أن موت المذنبات، قد يحدث بأشكال أخرى مختلفة. إن أكثرها إثارة، موت المذنب «بيالا» بالتبخر الكامل. ولكن قد يكون موت المذنب أهدأ وأبطأ بكثير.

قد يحتوي بعض المذنبات على المزيد من الغبار الصلب، مختلطاً مع

الجليد، وقد لا يكون الغبار متوزعاً بشكل متساو، فالمناطق الكثيرة الغبار نسبياً من سطح المذنب، يتباطأ تبخرها أكثر من تلك المناطق التي يغلب فيها الجليد الأنقى. ولهذا، فقد يذوب سطح المذنب، بحيث تتكوّن مرتفعات من المناطق الغبارية، تتخللها أودية من المناطق الأفقر بالغبار التي تبخر منها الجليد. وأحياناً، قد يتشقق أو ينقطع الجزء الأسفل من المرتفعات الغنية بالغبار، فتتهار، وتكشف سطحاً نضراً للتبخّر، وبالتالي تالقاً مفاجئاً وموقتاً للمذنب (غالباً ما يُشاهد مثل هذا التالق).

مثل هذه الانهيارات، يساعد على نشر الغبار فوق السطح بشكل عام. وبالإضافة، فإن بعض الغبار الذي يتحرر بعد تبخر الجليد ويرتفع عن السطح، قد يرتد إلى الورا فيما المذنب آخذ في الابتعاد عن الشمس. والغبار أقرب إلى فعل هذا من بخار الجليد.

ومع تقدّم المذنب في العمر، يصبح سطحه أكثر غباراً. وفي النهاية، يتراكم الغبار في طبقة كثيفة، تغطي الجليد، وتغزله عن حرارة الشمس، فيصبح المذنب ذا هالة ضئيلة، ومن غير ذيل.

وأفضل مثال للمذنب الهرم، هو المذنب «إنكه» Encke، تبعاً لاسم عالم الفلك الألماني «جوهان فرانز إنكه» Johann Franz Encke (1791 - 1865) الذي كان أول من حسب مداره سنة 1819. والمذنب «إنكه» هو ذو أصغر مدار معروف، وأقصر فترة دوران، إذ يبلغ الحضيض كل 3.3 سنوات. وقد رُصد عن كُتب عشرات المرات، كان في كل منها يبدو باهتاً أكثر فأكثر - أي فقط ما يكفي للإشارة بأن الجسم هو مذنب.

في مثل هذه الظروف، قد يُعمر المذنب زمناً طويلاً، ما دام يتبخّر ببطء جليده المدفون تحت غطاءه الواقي من الغبار الكثيف. في المراحل المبكرة، قد تنفجر بالطبع طبقه الغبار الرقيقة بفعل ضغط الجليد المتبخر تحتها، فينبعث نفث بخار وغبار، من الجليد المنكشف حديثاً. وهذا أيضاً قد يسبب تالق المذنب.

إلا أن المذنب «إنكه» قد تخطى هذه المرحلة.

وحتى المذنب الهرم، لا بد له أخيراً من التخلي عن كامل جليده، أو على الأقل من أن يخفف دفع البخار إلى درجة لا يمكن معها مشاهدته. ويحدث أيضاً أن تبقى في بعض المذنبات، خامات صغيرة من الصخور

والمعادن، بعد تبخّر الجليد بكامله.

فكيف نعرف، والحالة هذه، المذنب «الميت» (سواء كان يحوي جليداً محجوباً، أو كان خالياً من الجليد)، فنميّزه عن الكويكب؟

الفارق الباقي، هو طبيعة المدار. فمدارات معظم الكويكبات، تقع عموماً بين مدارَي المريخ والمشتري. والأكثر من ذلك، أن هذه المدارات قليلة الاختلاف المركزي، وقليلة الميل عن الدائرة الظاهرية (أي مستوى مدار الأرض).

أما مدارات المذنبات، فهي كبيرة الاختلاف المركزي بشكل مميّز، كما أنها، عموماً، شديدة الميل عن مستوى مدار الأرض.

إذا اكتشفنا كويكبات ذات مدارات كبيرة الاختلاف المركزي والانحراف في المستوى، فقد نحار في كونها كويكباً حقيقياً - أو مذنباً ميتاً.

هنالك مثل هذه الكويكبات المشبوهة، ذات مدارات تقربها من الشمس دورياً، بحيث يكون حضيضها أقرب إلى الشمس من كوكب الزهرة. هذه الكويكبات هي «أجسام أبولو» Apollo objects. كان أكثرها إثارة حتى الفترة الأخيرة، الكويكب «إيكار» Icarus، الذي اكتُشف سنة 1948 على يد عالم الفلك الألماني - الأميركي «والتر باد» Walter Baade (1893 - 1960). كان هذا الكويكب السادس والستين بعد خمسمئة وألف، من الكويكبات، التي تم تحديدها وبالتالي فقد عرف بهذا الاسم: 1566 «إيكار».

يكون «إيكار» في نقطة حضيضه على مسافة 28.5 مليون كلم (17.7 مليون ميل) من الشمس. ويكون الكوكب عطارد على مسافة 45.9 مليون كلم (28.5 مليون ميل) منها، أي أن «إيكار» يقترب من الشمس بمعدل ثلاثة أخماس (3/5) أقرب مسافة يبلغها عطارد. كانت تسمية هذا الكويكب تتلاءم مع شخصية الأساطير (الميثولوجيا) اليونانية «إيكاروس» الذي طار مع والده [ديدالوس] بجناحين من صنعه. اقترب إيكاروس المتغطرس في طيرانه كثيراً من الشمس، فأدّى ذلك إلى ذوبان الشمع الذي يشد ريش جناحيه إلى الهيكل الخشبي، فتهافت الريش، وهوى إيكاروس إلى حتفه.

يصل «إيكار» في أوج مداره إلى مسافة 300 مليون كلم (186 مليون ميل)،

أي داخل حزام الكويكبات، مع اختلاف مركزي في مداره (أي مقياس استطالة المدار)، يبلغ 0.827، وهو أعلى أوج كويكب معروف حتى ذلك الحين. كما أن ميل مستوى مداره كبير جداً، إذ يبلغ 23 درجة. وبالتالي، فليس غريباً أن نتساءل ما إذا كان «إيكار» مذنباً ميتاً.

ثم في تشرين الأول/أكتوبر 1983، اكتشف القمر الاصطناعي الفضائي IRAS الذي يعمل بالأشعة دون الحمراء، كويكباً يتحرك بسرعة غير اعتيادية أمام خلفية النجوم (تبين على الفور من هذه الحركة السريعة، أنه قريب من الأرض، ورُجِّح كونه واحداً من «أجسام أبولو»).

سُمي الكويكب أول الأمر «1983 TB» وفقاً لنظام تعريف مشاهدة الكويكبات. ولم تقدّم مشاهدات IRAS الكثير من المعلومات عن الكويكب، ولكنها قدّمت ما يكفي لتتبعه بواسطة المقاريب العادية. فجرى تحديد مداره. وبما أنه كان الكويكب المتيّن بعد ثلاثة آلاف من الكويكبات التي تم تحديد مداراتها، فقد أطلق عليه اسم «الكويكب 3200» (الملاحظ أنه منذ العام 1948، ثم تحديد عدد من المدارات الجديدة، يوازي عدد كل ما تم تحديده خلال سائر السنين قبل 1948 - ولعل ذلك يعود إلى اكتشاف الحاسوب أو الكمبيوتر).

والبارز في حال «الكويكب 3200» هو أنه يكون في حضيضه أقرب إلى الشمس حتى من «إيكار»، إذ لا يبعد سوى 21 مليون كلم (13 مليون ميل)، أي ثلاثة أرباع (3/4) بُعد «إيكار»، وأقل من نصف بُعد عطارد، وسُبع (1/7) بعد الأرض، عن الشمس. وفي الحال سُمي الكويكب «فيتون» Phaethon، تبعاً لأحد أشخاص الأساطير اليونانية، ابن الإله - الشمس، الذي أقنع والده - هليوس - بأن يسلمه عنان (قيادة) العربة الشمسية ليوم واحد. ولما كانت يدا «فيتون» تعوزهما تجربة الإمساك بالعنان، فقد انطلقت خيول العربة تعدو في السماء. وخاف «زيوس»^(*) Zeus أن يؤدي «فيتون» إلى تدمير الأرض، فضربه بصاعقة قتلته. والواضح، أن «فيتون» اقترب من الشمس حتى أكثر مما فعل «إيكار» في الأسطورة - وفي علم الفلك.

يبعد «فيتون 3200» - كما يجب أن يسمى الآن - في أوجه، 385 مليون كلم (340 مليون ميل) عن الشمس، ابعد بكثير مما هو صحيح بالنسبة إلى «إيكار». ومع

(*) «زيوس» هو كبير الآلهة في الأساطير اليونانية - المترجم.

كون حضيضه أقرب، وأوجه أبعد مما في حال «إيكار»، نرى أن مدار «فيتون» أكثر استطالة حتى من مدار «إيكار»، أي أن اختلافه المركزي أكبر، إذ يبلغ 0.890 وهو رقم جديد عال بالنسبة إلى كويكب؛ أما انحراف مستوى مداره فهو 22 درجة، بالمقارنة مع انحراف مدار «إيكار» الذي هو 23 درجة. يعود «فيتون» إلى حضيضه كل 1.43 سنة (522 يوماً)، في حين يعود «إيكار» كل 1.12 سنة (409 أيام).

فهل يكون «فيتون» مذنباً ميتاً؟

عندما رُصد «فيتون» لأول مرة بمقرب عادي، كان بعيداً جداً في سيره مبتعداً عن الشمس. وترقّب علماء الفلك ظهوره المقبل، تحت أفضل الشروط، أملاً في أن يروا أي رذاذ بخار أو غبار. وفي كانون الأول/ديسمبر 1984، مرّ على مقربة من الأرض، فلم يُلحَظ أي أثر للذوابة coma. في الواقع، كان يشبه كويكباً حجرياً، حتى أنه، لو كان مذنباً ميتاً، فهو بلا شك مذنب ميت «جداً». هل بقي هناك أي سبيل للتمييز بين مذنب ميت كلياً، وبين كويكب لا يكون مذنباً على الإطلاق؟

بشكل غير متوقع، أجل. هنالك سبيل - على غرار ما.

مع تقدم المذنبات بالعمر، فإن الغبار المتحرر كجزء من الذوابة، يستمر في الدوران حول الشمس في مدار المذنب. وشيئاً فشيئاً، ولأسباب مختلفة، تتوزع جسيمات الغبار على طول المدار، رغم بقاء تركيز أكبر في جوار المذنب فترة من الزمن على الأقل، أو حيث تكون عادة في حال موت المذنب بالتبخّر الكامل.

مرة بعد أخرى، تخترق الأرض في مدارها مثل هذا الحشد أو الرتل الغباري، فتسخن الجسيمات وتتبخّر في الجو، مما يُشكّل التماعات شهابية بمعدل أكبر مما يرى في الليالي العادية

ومرة كل فترة طويلة، تمر الأرض عبر تركيزات كبيرة من هذه الجسيمات فتكون النتيجة سقوط ما يشبه الكسفات الثلجية المضيئة (ولكنها تتلاشى قبل بلوغها الأرض). وفي ليل 12 تشرين الثاني/نوفمبر 1833، شوهد وابل كبير من مثل هذه النيازك فوق المنطقة الشرقية من الولايات المتحدة، فكان هذا الحدث إيذاناً ببداية دراسة النيازك.

هنالك عدد من «تيارات النيازك» هذه، كما تُسمّى اليوم. وقد حددت

مداراتها، فتبين انها تشبه المذنبات في مواصفاتها. وفي بعض الأحيان، قد يكون المذنب الخاص الذي تُنسب إليه، حياً، ويمكن تحديده. لقد عثر على تيار نيازك يتبع مدار المذنب المختفي «بيالا». وعندما تدخل جسيماته جو الأرض، تُعرف باسم «بياليدات» Bielids تبعاً لمصدرها.

إذا كان أحد أجسام أبولو مذنباً ميتاً، أفلا يجوز أن يحتل مكانه تيار نيازك؟ يبدو أن الأمر كذلك، إلا إذا كان موت المذنب منذ زمن بعيد، حيث الكواكب وأقمارها تقوم بتجميعها عند مرورها بها، أو تتبعثر في الفضاء بشكل ما.

تبين فعلاً أن معظم أجسام أبولو لا تترافق مع تيارات نيزكية رغم أن لاثنين منها، «2101 أدونيس» و«2201 أوليجاتو» مدارين قريبين على الأقل من المدارات المعروفة لمثل هذه التيارات.

إلا أن «فرد وويل» Fred Whipple أشار إلى أن مدار «فيتون» قريب جداً من مدار تيار نيزكي معروف جيداً يدعى «التوأمان» Geminids. والمداران متشابهان إلى درجة تستبعد الافتراض بأنها مجرد مصادفة. وبالتالي، فإذا صح أن أيّاً من أجسام أبولو هو في الواقع مذنب ميت، كان «فيتون» كذلك.

وكما في حال أجسام أبولو، يبرز السؤال ما إذا كان من المحتمل أن يصطدم «فيتون» بالأرض. فلو حدث ذلك، لكان كارثة رهيبية، إذ يُقدّر قطر «فيتون» بخمسة كيلومترات (3.1 أميال). ولكن لحسن الحظ، فإن «فيتون» يخترق مستوى مدار الأرض في نقطة بعيدة إلى الداخل، بحيث يبقى على بعد عدة ملايين من الكيلومترات، حتى في نقطته الأقرب إلى الأرض.

إلا أن تأثير جاذبيات مختلف الكواكب على «فيتون» يتضافر، فيبعد نقطة اختراقه مستوى مدار الأرض عن الشمس. وتشير بعض الحسابات إنه لو استمر هذا الأمر، فسوف يحدث تقاطع المدارين بعد مئتين وخمسين عاماً، ويكون احتمال ضئيل، بأن يصل كل من الأرض، و«فيتون» إلى نقطة تقاطع المدارين في وقت واحد، قبل أن تبعد نقطة التقاطع نحو الخارج لتحول دون الاصطدام ثانية.

ثم بما أن اقتراب «فيتون» أكثر فأكثر من الأرض، يجعل جاذبيتها تدفعه إلى مدار جديد أقل خطراً على الأرض، فإن احتمال الاصطدام بعيد «كلياً».

[ملاحظة: لقد قام المسبار الفضائي «جيوٲو» Giotto بدراسة «المذنب

هالي « Comet Halley من مسافة قريبة، بعد عدة أشهر من كتابة هذا المقال، فدعم مفهوم الغطاء الغباري. وفي الواقع، كان المذنب «هالي» أسود فاحماً، بسبب طبقة سطحية كثيفة من الغبار].

القسم الثالث

ما وراء النظام الشمسي

نجوم جديدة

في مقدور أي منا أن يجمع لنفسه «سجلاً بالأرقام القياسية» إن هو أراد ذلك. ما هي أطول مدة قضيتها من دون أن تنام؟ ما هي أشهى وجبة طعام تناولتها؟ ما هي أطرف نكتة سمعتها؟

ولست أدري ما إذا كان الأمر يستحق الجهد المطلوب، ولكن بإمكانني أن أذكر لكم، وبكل سهولة، أعظم مشهد فلكي شهدته في حياتي.

إن من يعيش مثلي في مدن الشمال الشرقي الكبرى، لا يتسنى له رؤية الكثير من المشاهد الفلكية. فمع وجود الغبار والأدخنة والأضواء الاصطناعية، سأعتبر نفسي سعيداً إن أنا تمكنت من تمييز «الدب الأكبر» Big Dipper في سماء نيويورك الليلية.

مع ذلك، ففي العام 1925، حصل كسوف كامل للشمس - شوهد من مدينة نيويورك - بصعوبة. لقد دعي «كسوف الجادة 96، لأنه لم يكن يُشاهد كاملاً، شمال ذلك الشارع 96 في مانهاتان.

ولكنني كنت أقيم على بعد عشرة أميال تقريباً من ذلك الحد الفاصل إلى الجنوب، أي في الموقع المناسب لرؤية الكسوف الكامل الذي دام فترة قصيرة في جواربي. إلا أن المشكلة في هذا، اني كنت آنذاك في الخامسة من عمري،

ولا أستطيع أن أتذكر عبر حياتي ما إذا كنت قد شاهدت الكسوف أم لا..
 «يُخَيَّلُ إِلَيَّ» انني شاهدته، ولكن قد أكون أخدع نفسي.

ثم في العام 1932 (في شهر آب/أغسطس على ما أظن)، حصل كسوف آخر شوهد من مدينة نيويورك وكان كاملاً بنسبة 95% كانت فترة مثيرة لأن الشمس تضاءلت إلى هلال دقيق رقيق جداً، ووقف الناس في الشوارع، بل على السطوح لمشاهدته (أعتقد أنهم فضّلوا السطوح ليكونوا أقرب إلى الشمس وتكون الرؤية أفضل). كنا جميعاً ننظر من خلال زجاج قاتم، وأفلام فوتوغرافية مظهرّة مما لا يلائم المهمة. ولست أدري كيف لم تعش أبصارنا جميعاً. وبكل حال، فقد شهدت «ذاك» الكسوف. كنت في الثانية عشرة من عمري، وأذكره جيداً.

ولكن عندما حدث كسوف في 30 حزيران/يونيه 1973، كنت على متن السفينة كانبرا Canberra في عرض شواطئ أفريقيا الغربية، ورأيت كسوفاً كاملاً رائعاً، استمر نحواً من خمس دقائق، وكان أكثر ما أثارني فيه، نهايته، إذ برزت نقطة صغيرة من الضوء الساطع فجأة وراحت تتسع في ظرف نصف ثانية، باهرة السطوع بحيث لا يمكن النظر إليها من دون مرشح. كانت تلك، الشمس العائدة الهادرة، وكان المشهد، أروع منظر فلكي رأيته في حياتي.

ثمة مشاهد أخرى في السماء، قد لا تكون مثيرة كالكسوف الشمسي الكامل. ولكنها أهمّ منه، بالنسبة إلى علماء الفلك - بل وحتى بالنسبة إلينا إذا ما فهمناها حق الفهم. هنالك، مثلاً، أشياء تبدو في الظاهر وكأنها نجوم جديدة. إن كسوف الشمس لا يعدو كونه حالة من حالات القمر عندما يمر في مواجهة الشمس، وهو ظاهرة منتظمة، يمكن التنبؤ بها مسبقاً ولفترة قرون من الزمن. أما النجوم الجديدة، فهي -

ولكن، فلنبداً من البداية:

في ثقافتنا الغربية، كان المسلّم به لفترة طويلة، ان السماوات كاملة التكوين، لا تتغيّر. كذلك قال الفيلسوف اليوناني «أرسطو» Aristotle (384 - 322 ق. م.). وانقضى 18 قرناً من الزمان، تعذّر خلالها وجود من هو على استعداد لمناقشة «أرسطو».

ولكن لماذا قال «أرسطو» أن السماوات كاملة لا تتغيّر؟ ذلك لأفضل سبب

ممكن: لقد بدا هذا لعينيه. ومن رأى، فقد آمن.

في الواقع، كانت الشمس تنتقل في مواقعها أمام خلفية النجوم، ومثلها القمر (الذي يمر في أطوار أيضاً). كما كانت خمسة اجرام ساطعة كالنجوم، تبدّل مواقعها، وهي ما نسميه اليوم: عطارد، الزهرة، المريخ، المشتري، وزحل. إلا أن حركاتها كانت أكثر تعقيداً من حركات الشمس والقمر. ولكن كل هذه الحركات، وما يرافقها من أطوار وسطوع، كانت منتظمة تماماً، وكان التنبؤ بها ممكناً. وفي الواقع، لقد «تم» التنبؤ بها، عبر وسائل كان علماء الفلك يطورونها تدريجياً، بدءاً من ذلك الشعب اللامع - السومريين Sumerians، قبل 2 000 سنة من مولد المسيح.

أما التغيرات غير المنتظمة والتي لا يمكن التنبؤ بها، فقد أصّر «أرسطو» على أنها ظواهر الطبقة الجوية، وليست ظواهر سماوية. مثال ذلك، الغيوم والعواصف والنيازك والمذنبات. (كان «أرسطو» يعتقد أن المذنبات هي مجرد احتراق غازات في أعلى الطبقة الهوائية - وهج مستنقعي علوي).

ومفهوم «أرسطو» للكمال وعدم التغير، كان يتلاءم تماماً مع الأفكار اليهودية - المسيحية. فبحسب التوراة، خلق الله الكون في ستة أيام، ثم استراح في اليوم السابع، لأنه - على ما يبدو - لم يبق أمامه أي عمل يقوم به. ومن الكفر الافتراض أن الله سبحانه، أدرك فجأة أنه نسي شيئاً، ليعود إلى عملية الخلق من جديد، بعد انقضاء مدة طويلة على الأيام الستة، فيخلق نجماً جديداً، أو بذلك نوعاً جديداً من الحياة.

بالتأكيد، إن التوراة تصف الله على أنه يتدخل أبدأ في شؤون الكائنات البشرية، ويغضب لأقلّ بادرة، فينزل الطوفان والطاعون، ويأمر «صموئيل» Samuel بإبادة «العماليق» Amalekites، بمن فيهم النساء والأطفال والماشية. وما ذلك إلا لأن الكائنات البشرية كانت تثير غضبه. وقد تخلّى عن النجوم والأجناس..

وهكذا، فمع وجود «أرسطو» و«سفر التكوين»، لورأت شعوبنا ذات التقاليد الغربية، نجماً جديداً في السماء، فسوف ولا شك، يُحوّلون عنه أبصارهم بعصبية، ويقررون أنه ما كان ينبغي لهم تناول آخر جرعة من الخمر أو المسكرات، أو أي شيء كانوا يرتشفون..

ولا يحتمل مع ذلك، أن يعيروا انتباههم لنجم جديد، حتى ولو ظهر.

فقليل من الناس من ينظر إلى السماء عن قصد، أو يُكلّف نفسه أن يحفظ عن ظهر قلب، نمط تشكيلات النجوم، وأن يتذكر هذه المجموعة هنا، أو تلك هناك. (هل تفعلون، أنتم؟) وحتى علماء الفلك، الذين كانوا يرصدون السماوات مهنيًا، كانوا منهمكين أساساً بمدارات تلك الأجسام السماوية («الكواكب») التي تتحرك بالنسبة إلى سواها: الشمس، القمر، عطارد، الزهرة، المريخ، المشتري وزحل. ومن هذه الحركات، قاموا بتطوير ذلك العلم الكاذب - التنجيم، الذي ما زال يطبع السذج من الناس (أي أكثرية البشرية) حتى اليوم.

أما بالنسبة إلى النجوم الأخرى، التي تحتفظ بمواقعها فيما بينها، فقد لا يزيد الأمر عن ملاحظة «الدب الأكبر» Big Dipper أو «مربع الفرس الأعظم» Square of Pegasus وغيرها من تشكيلات النجوم البسيطة والمتألقة نسبياً. وبالتالي، فإذا ظهر نجم ما، وأحدث تغييراً في أحد التشكيلات غير الملحوظة، فسوف يمر من دون أن ينتبه إليه أحد، باستثناء قلة قليلة. ولن يكون في مقدور هذه القلة إقناع الآخرين بأنه «حقاً» نجم جديد. حتى لكأنني أسمع الحوار الآن:

- أنظر يا هذا، إنه نجم جديد!
- أين؟ وما الذي يجعلك تعتقد أنه نجم جديد؟
- لم يكن هناك الليلة الماضية.
- أنت مخبول!
- كلا. صدقاً. أقسم بحياتي أنه نجم جديد.
- ثم ماذا؟ حتى وإن كان، فمن يابه؟
- بالطبع، لو ظهر نجم وكان ساطعاً حقاً، فقد يُلاحظ. أن أسطع نجم في السماء هو «الشعري اليمانية» (سيريوس Sirius) ولكن عدة كواكب تبدو أكثر تألقاً منه، كالمشتري والزهرة. فإذا كان النجم الجديد ذا «سطوع كوكبي» - أي إذا كان ينافس الكواكب ويفوق في سطوعه أي نجم عادي - فعند ذلك يصبح من الصعب تجاهله.

تعود أول رواية عن مشاهدة نجم جديد إلى «هيباركوس» Hipparchus (190 - 120 ق. م.) وهو عالم فلكي يوناني كان يعمل على جزيرة رودس. وللأسف، لم يبقَ أي أثر من كتاباته، ولكننا نعرف ما يكفي من كتابات علماء

لاحقين، بحيث يمكننا الحكم بأنه كان أكبر عالم فلكي في العصور القديمة. إن أقدم مرجع باق حتى اليوم عن رصده نجماً جديداً، نجده في كتابات الموسوعي الروماني «بلييني» Pliny (23 - 79) بعد قرنين من «هيباركوس». يقول ان «هيباركوس» اكتشف نجماً جديداً، مما أوحى إليه برسم خريطة للنجوم في السماء.

ويبدو هذا معقولاً بالنسبة إليّ. يبدو أن «هيباركوس» قد درس نجوم الليل المرئية، كما لم يفعل سوى قلة من الناس، وتمكّن من التعرف إلى نجم معيّن، على أنه نجم جديد دون سواه. والأكثر من ذلك، انه ولا بد، قد تساءل عن احتمال ظهور نجوم أخرى جديدة في السابق، فغابت عن ملاحظته. ولو أنه أعدّ خريطة [للنجوم]، لأمكنه مقارنة أي نجم، حتى ولو بدا مريباً غامضاً، مع تلك الخريطة، ومعرفة ما إذا كان جديداً (أو قديماً) في الحال.

وعلى الرغم من خريطة «هيباركوس»، وتحسينها من قبل عالم فلكي يوناني آخر، «كلوديوس بطليموس» Claudius Ptolemy (100 - 170) بعد ثلاثة قرون، لم يتبيّن أي نجم جديد للراصدين الغربيين طوال 17 قرناً بعد «هيباركوس». كانت هذه المرحلة لصالح «أرسطو» و«سفر التكوين».

ولكن كانت هناك حضارة على الأرض، متقدمة في العلوم، لم تسمع «بأرسطو» أو «سفر التكوين» إلا بعد انقضاء 15 قرناً. كانت تلك، هي الصين. وبسبب تحررها من النظرة الدينية حول طبيعة السماوات، فقد كانت مستعدة لمشاهدة أي نجم جديد يبدو في السماء (كانوا يسمونها «النجوم الزائرة» guest stars).

سجّل الصينيون خمسة نجوم جديدة ذات تآلق خاص، بقيت مرئية لفترة ستة أشهر أو أكثر. (بكلمة أخرى: لم تكن تلك «مجرد نجوم جديدة تظهر في أماكن من السماء لم تُرَ فيها سابقاً، بل كانت نجومًا «مؤقتة» كذلك، إذ إنها اختفت آخر الأمر، في حين بقيت النجوم العادية في مواقعها ثابتة ظاهرياً إلى الأبد).

لقد رصدوا مثلاً، نجماً بالغ السطوع في «كوكبة الظلمان» (قنطورس) Centaurus سنة 183. (بالطبع كانت لهم أسماؤهم الخاصة لمختلف مجموعات النجوم، ولكن بإمكاننا ترجمتها إلى مجموعاتنا).

وبحسب الصينيين، كان النجم الجديد عند أوج تألقه، ذا سطوع كوكبي، يفوق في الواقع سطوع الزهرة، واستمر مرثياً طوال سنة. ولكنه كان بعيداً في نصف السماء الجنوبي، بحيث لا تشاهده أوروبا في معظمها. كان يمكن مشاهدته من الإسكندرية، وهي آنذاك مركز العلوم اليونانية، لولا أنها كانت قد فقدت عصرها الذهبي، وكان آخر عالم فلكي يوناني مرموق - «كلوديوس بطليموس» - قد مات.

وظهر النجم الجديد الثاني المتألق في «برج العقرب» Scorpio، سنة 393، ولكنه كان أقل تألقاً من نجم «الظلمان»، ومن الكواكب. وبقي في تألق «الشعري اليمانية» (أسطح النجوم العادية) لفترة قصيرة، واستمر مرثياً لفترة ثمانية أشهر. مع ذلك، لم يظهر أي تقرير من أوروبا. فالإمبراطورية الرومانية كانت قد دخلت المسيحية، وعلماءها يناقشون اللاهوت بدلاً من تفاصيل السماء.

ومرّ نحو من ستة قرون، قبل أن يشير الصينيون إلى نجم جديد آخر، في تألق الكواكب. كان ذلك في «كوكبة الذئب أو السبع» Lupus البعيدة كذلك في السماء الجنوبية، وقد ظهر سنة 1006. كان أسطح نجم رصده الصينيون، ولعله أسطح نجم ظهر في السماء على مدى التاريخ.

وبحسب بعض علماء الفلك الذين يعملون على التقارير الصينية، فقد يكون في أوجه أشد توهجاً من الزهرة بمئتي مرة أي ما يُعادل عُشرَ (1/10) سطوع البدر الكامل. (بما أنه كان مجرد نقطة ضوء، فإن كل التألق المركّز فيه، لا بد وأن يبهز النظر). لم يدُم أوج سطوعه سوى أسابيع قليلة، ولكنه خبا ببطء، فلم يحتفِ عن الأنظار إلا بعد حوالي ثلاث سنوات.

وقد أشار إليه العرب كذلك، الذين أحسنوا استخدام التراث اليوناني، وكانوا طليعة علماء الفلك في الغرب آنذاك. لم يُعثر إلا على تقريرين اثنين مشكوك في صحتها من السجلات الأوروبية، قد ينطبقان على ذلك النجم، إلا أن أوروبا عندها كانت خارجة لنوها من العصور المظلمة.

ثم سنة 1054 (في الرابع من أيام تموز/يوليو، بحسب بعض التقارير)، ظهر نجم شديد التألق في «برج الثور» Taurus. لم يكن في قوة تألق النجم الجديد السابق الذي ظهر قبل حوالي نصف قرن، في «برج الذئب»، إلا أنه كان في أوجه أشد سطوعاً من الزهرة بضعفين أو ثلاثة.

استمر في تألقه طوال ثلاثة أسابيع، بما يكفي لرؤيته نهاراً (إذا عرفنا أين

ننظر)، حتى أنه كان يلقي ظلاً باهتاً في الليل (كالزهرة أحياناً)، وبقي مرئياً بالعين المجردة لمدة سنتين. كان النجم الأكثر تألقاً الذي رصد في السماء الشمالية بحيث تسهل مشاهدته من أوروبا، فضلاً عن كونه في دائرة البروج (Zodiac)، وهي المنطقة من السماء الأكثر أهمية لدى علماء الفلك في ذلك العصر.

هنالك تقارير صينية ويابانية عن النجم الجديد، سنة 1054، ولكن في الغرب، لا أثر عنه إطلاقاً، رغم كونه عالياً في السماء، وفي دائرة البروج بالذات. وقد عثر في السنوات الأخيرة على مرجع عربي، قد يشير إلى النجم الجديد، حتى أنه عثر أيضاً على مرجع إيطالي، إلا أنهما ولا شك غير هامين نظراً للتوهج المثير الذي أحدثه في السماء.

أخيراً، وفي العام 1181، ظهر نجم جديد داخل «كوكبة ذات الكرسي» Cassiopeia عالياً أيضاً في السماء الشمالية. إلا أنه لم يتألق كثيراً، بل كان أقل سطوعاً من نجم «الظلمان». ومع أن الصينيين واليابانيين أشاروا إليه، فقد مر غير ملحوظ في أوروبا.

لقد ظهرت خمسة نجوم جديدة في مدى ألف سنة، أشار إليها الصينيون بكل أمانة وجدية، ولم يتنبه لها الغرب، إذ كل ما كان لديه، رواية «بليني» عن مشاهدات «هيباركوس» التي لا توفّر سوى القليل من التفاصيل، (الجدير بالملاحظة استعداد «بليني» لتصديق أي زعم حتى ولو كان مضحكاً) بحيث قد تبدو خرافية في أحسن حالاتها.

ولنشر مع هذا إلى نجم جديد آخر في العالم القديم، قد يكون أكثر إثارة من التقارير الصينية الخمسة، ومن تقرير «هيباركوس» السادس.

سنة 1939، اكتشف عالم الفلك الروسي - الأميركي «أوتو ستروف» Otto Struve (1897 - 1963)، أثراً باهتاً لسديم داخل الكوكبة الجنوبية «الشراع» Vela. وبين عامي 1950 و 1952، قام بتتبعها عالم الفلك الاسترالي «كولن س. غوم» Colin S. Gum (1924 - 1960)، الذي نشر اكتشافاته سنة 1955، فتمكن من الإثبات بأنها غيمة سديمية من الغبار والغاز تشغل مساحة تعادل 1/16 من السماء. وقد سُمّيَت «سديم غوم» تكريماً له.

ويعرف الآن علماء الفلك أن هذا النوع من غيوم الغبار والغاز هو إشارة إلى أن نجماً جديداً كان قد ظهر سابقاً في مركزها. يبعد مركز السديم عنا حوالي

1500 سنة ضوئية. ويُعتبر أقرب من أي نجم جديد اكتُشِفَ في الأزمنة القديمة. (بالطبع، لم يكن للراصدين الأوائل أي مفهوم عن بُعد النجوم الجديدة - أو أي نجوم - عنا، ولكن علماء الفلك قادرون على تقدير ذلك حالياً).

وبما أن النجم الجديد في «سديم غوم» كان أقرب بكثير من النجوم الأخرى، فلا بد من كونه أكثر سطوعاً. ويشعر علماء الفلك الآن أنه، في أوج سطوعه، كان يعادل سطوع البدر الكامل، بحيث يبدو للراصد وكأنه قطعة صغيرة من الشمس، انفصلت عنها، وتسمّرت ثابتة في السماء.

ولا بد لأي مشاهد يرى توهج «ذاك» النجم، من أن يلاحظه. ومع ذلك، فلا تقرير عنه من أي جهة. وعلى الرغم من كونه بعيداً في السماء الجنوبية، فقد يبدو من غير المصدّق أن لا يترك أي أثر.

ولكن لا سرّ في ذلك. فمن حجم «سديم غوم»، ومعدل تمدده، يمكن معرفة الوقت الذي كان فيه - كلياً - بحجم النجم. كان هذا قبل 30 000 سنة، في العصر الحجري القديم. ولا شك في أنه لوحظ، ولكن لم يكن من الممكن بقاء أي تقرير عنه.

لسوء الحظ... لقد كانت هذه الظاهرة الفلكية جديرة بالملاحظة، لولا أنه، خلال فترة أسابيع قليلة، كان يتعلّذ النظر إلى النجم على الأرجح، إلا عبر زجاج قاتم أو عبر حجاب من الغيوم.

ولنتنظر إلى ما حدث بعد العام 1181، عندما ظهر النجم الجديد الخامس، الذي لا نعرف عنه إلا ما أوردته التقارير الصينية.

لقد مرّ نحو من 400 سنة قبل أن يظهر نجم جديد. في تلك الأثناء، تبدّلت الأمور في أوروبا، فتطورت القارة [الأوروبية] وكانت تتقدم بسرعة في ميادين العلوم والتقانة. وفي العام 1543، نشر العالم الفلكي البولندي «نيقولاوس كوبرنيكوس» Nicolaus Copernicus (1473 - 1543) كتاباً في علم الفلك، يعرض النظرية القائلة بأن الشمس، لا الأرض، هي مركز النظام الكوكبي، وإن الأرض هي نفسها كوكب مثل سائر الكواكب الأخرى. وبهذا، بدأ ما نسميه اليوم «الثورة العلمية».

بعد نشر كتاب «كوبرنيكوس» بثلاث سنوات، ولد، «تيكوبراهي» Tycho Brahe (1546 - 1601) في مقاطعة بأقصى جنوب السويد، كانت حينذاك جزءاً

من الدانمارك. وتبيّن أنه أفضل علماء الفلك منذ «هياركوس». نحن الآن في العام 1572. في ذلك الوقت، لم يكن لدى الأوروبيين فكرة عن أي نجم جديد ظهر في السماء، إذا استثنينا احتمال رواية «بليني» الخيالية عن «هياركوس». كان «تيكو» يومها (يعرف عادة باسمه الصغير كالعديد من العلماء والفنانين في ذلك العصر، خصوصاً في إيطاليا) في السادسة والعشرين من عمره.

في 11 تشرين الثاني/نوفمبر 1572، دُهِلَ «تيكو» لدى مغادرته مختبر عمّه الكيميائي، حين شاهد نجماً جديداً في السماء. كان النجم عالياً وسط كوكبة «ذات الكرسي» المعروفة جيداً، بحيث لا يُحتمَل أن يُخطئه. وكوكبة «ذات الكرسي» هي على شكل حرف W مائل على جنبه، مؤلفة من خمسة نجوم حسنة التألّق، وتعتبر مجموعة مألوفة، شأن كوكبة «الدب الأكبر». ولكنها الآن، تتألف من «ستة» نجوم. والنجم السادس، الواقع قريباً من جانب شكل الحرف W، أشد سطوعاً بكثير من سائر النجوم الأخرى مجتمعة، بل أشد في الواقع تألقاً من الزهرة، ولكنه لا يمكن أن يكون الزهرة نفسها، لأن هذا الكوكب لا يمرّ في هذه المنطقة من السماء إطلاقاً.

أخذ «تيكو» يسأل كل من يصادفه، ما إذا كان يرى النجم الجديد، لأنه لا يجروّ على تصديق ما تراه عيناه. (وقد شاهده الجميع). وحاول أن يعرف ما إذا كان موجوداً في السماء الليلة السابقة، إذ لم يتسنّ له النظر إلى السماء منذ فترة. ولكن بالطبع، لم يتمكن أحد من إفادته بهذا الصدد.

في الواقع، يبدو أنه كان ثمة تقرير من عالم فلكي ألماني، «ولفغانغ شولر» Wolfgang Schuler، يشير إلى أنه شاهد النجم قبل أن يشاهده «تيكو» بخمس ليالي. بيد أن «شولر» لم يتابع الأمر، بخلاف «تيكو»، الذي بدأ سلسلة من الأرصاد الليلية، بأجهزة ممتازة صممها بنفسه.

كان نجم «تيكو» الجديد قريباً جداً من قطب السماء الشمالي، وبالتالي لا يغيب أبداً، وبإمكان «تيكو» أن يشاهده ليل نهار، لأنه (وهذا ما أدهش «تيكو») كان شديد التألق بحيث يرى في النهار - على الأقل عندما شاهده للمرة الأولى. وعلى الرغم من أن تألقه كان يتضاءل ببطء، بين ليلة وأخرى، فقد انقضت سنة كاملة قبل أن يختفي نهائياً عن الأنظار.

تساءل «تيكو» عما يجب أن يفعله بخصوص النجم الجديد، الذي كان بحسب معلوماته، النجم «الوحيد» الذي ظهر جديداً في السماوات، إذا استثنينا إشارة «بليني» المبهمة إلى «هيباركوس».

وبما أن النجم شكل تبدلاً في السماء، فهو بحسب رأي «أرسطو» ظاهرة جوية. وإن كان كذلك، فلا بد أنه أقرب إلى الأرض من القمر.

وإذا كان موقع القمر بالنسبة إلى النجوم، محدداً بدقة في فترة معينة، فإنه يبدو من نقطتين متباعدتين على الأرض، في موقعين مختلفين قليلاً بالنسبة إلى النجوم القريبة، إذا شوهد من كل نقطة. وهذا هو «اختلاف المنظر» Parallax أو «الموقع الظاهري» للقمر. فإذا عرف الفارق بين الموقعين، والمسافة بين نقطتي المشاهدة، أمكن حساب بُعد القمر بالمثلثات. لم يكن ذلك سهلاً أيام ما قبل وجود ساعات دقيقة واتصالات سهلة بين مختلف المواقع على الأرض. ولكن تم تدبير الأمر، وعُرف أن القمر يبعد حوالي ربع مليون ميل (400 000 كلم) عن الأرض.

لم يكن بُعد أي جسم سماوي معروفاً، إذ لم يكن لأي جسم اختلاف في المنظر باستثناء القمر، يمكن قياسه. وبما أن بُعد أي جسم يتناسب عكساً مع اختلاف منظره، فقد كان هذا يعني أن سائر الأجسام المرئية التي ليست ظواهر لجو الأرض، هي أبعد من القمر. أو بشكل آخر: إن أول جسم يصادفنا بعد تخطي جو الأرض، في رحلتنا بعيداً عنها، هو القمر. وحتى اليونان الأقدمون، كانوا واثقين من ذلك.

إذن، فلو كان نجم «تيكو» واحداً من مظاهر جو الأرض، وأقرب إلينا من القمر، لكان للنجم الجديد اختلاف في المنظر أكبر من اختلاف منظر القمر، بل وأسهل قياساً.

ولكن ليس الأمر كذلك. لقد ذهبت جهود «تيكو» سدى، إذ لم يظهر للنجم الجديد أي اختلاف في المنظر، أي ان اختلاف مظهره كان أصغر من أن يقاس، وهذا يعني بالطبع أنه أبعد من القمر، أبعد بكثير. وهذا ما يدحض بشكل حاسم، رأي أرسطو في سرمدية كمال السماوات وعدم تغيرها.

كان «تيكو» يعتبر نفسه من النبلاء، شديد الاعتزاز بوضعه الاجتماعي (رغم أنه قبل الزواج من امرأة هي دونه مرتبة اجتماعية، وعاش معها في غاية السعادة الزوجية). وبحكم العادة، فقد يكون رأى من المحط بكرامته، أن يؤلف

أو ينشر كتاباً. إلا أن الشعور الذي غمره حيال أهمية ظاهرة نجم جديد، والطريقة التي بها تدحض [رأي] «أرسطو»، دفعاه إلى تأليف كتاب من 52 صفحة كبيرة، نشر سنة 1573. كان الكتاب يحوي جميع المشاهدات والقياسات التي أجراها عن النجم، وسائر الخلاصات التي توصل إليها. وما لبث الكتاب أن جعل منه أشهر عالم فلكي في أوروبا.

كتب الكتاب باللغة اللاتينية وهي اللغة العالمية لعلماء أوروبا في ذلك الحين، ويحمل عنواناً طويلاً حسب العرف آنذاك، إلا أنه يشار إليه بصيغة مختصرة: «حول النجم الجديد» De Nova Stella.

وكنتيجة لهذا العنوان، فإن ذلك النوع من النجم الجديد الذي تحدث عنه في هذا المقال، يشار إليه عموماً بكلمة «نوفا»(*) Nova - أي الجديد باللاتينية، وتجمع على Novae، إلا أن عادة الجمع باللاتينية لم تعد معتمدة، ولذلك فهي تجمع حالياً بإضافة حرف Novas: S.

بعد نجاح «تيكو» المدوي، أخذ علماء الفلك الآخرون بالطبع، يرصدون السماء بدقة بحثاً عن نجوم جديد (أو Novas).

وعلى سبيل المثال، حدد عالم الفلك الألماني «ديفيد فبريسيوس» David Fabricius - (1564 - 1617) وهو صديق «تيكو»، وجود نجم في كوكبة «قيطس» Cetus، لم يلحظه من قبل. كان مجرد نجم من المرتبة الثالثة، أي ذا تألق وسطي (ان نجوم المرتبة الثالثة، هي أعتم ما يمكن مشاهدته بالعين المجردة). ويعود الفضل إلى «فبريسيوس» في اكتشاف ذلك.

إن مجرد كونه لم يرَ النجم من قبل، قد لا يعني انه نجم جديد Nova (مستعر) في الواقع. فقد يكون موجوداً طوال الوقت من دون أن يلحظه. لم يكن على خريطة النجوم (أعدّ «تيكو» أفضل خريطة في حينه) ولكن حتى خريطة «تيكو»، لم تبلغ حد الكمال.

مع هذا، كان هنالك حل - لقد ثابر «فبريسيوس» على رصد النجم، فلاحظ أن تألقه يضعف من ليلة إلى أخرى، حتى اختفى كلياً. وهذا ما جعل منه نجماً جديداً في نظر «فبريسيوس»، فأعلن عنه. غير أنه كان باهتاً بحيث لم

(*) تعني كلمة «نوفا» Nova حالياً في علم الفلك النجم المستعر أو المستعر.

يُثر أي اهتمام.

كان عالم الفلك الألماني الآخر، «جوهانس كبلر» Johannes Kepler (1571 - 1630) بعد على قيد الحياة. وقد عمل مع «تيكو» الأكبر منه سنًا خلال سنواته الأخيرة، وأثبت «كبلر» أنه عالم أكبر من «تيكو»، لأسباب تخرج عن نطاق هذا البحث.

سنة 1604، لاحظ «كبلر» نجماً جديداً متألّفاً في كوكبة «الحواء» (*) Ophiuchus. كان أشدّ تألّفاً بكثير من نجم «فريسيوس»، معادلاً في تألّقه كوكب المشتري، أي انه لم يكن في تألق نجم «تيكو»، وإن كان ذا تألق كاف. استمر «كبلر» في رصد النجم ما دام مرثياً، فانقضى عام كامل قبل أن يغيب عن الأبصار نهائياً.

في هذا الوقت، كان علم الفلك عشية ثورة عارمة ملحوظة. فاختراع المقراب كان وشيكاً، وسرعان ما سوف يساعد على مشاهدات لا عهد بها من قبل. والأكثر من هذا، ان المقراب سوف يكون البشير السابق لتقانات أخرى متقدمة، تزيد بشكل كبير من قدرة عالم الفلك في دراسة الكون، إلى أن قمنا أخيراً بتطوير المقراب (التلسكوب) الراديوي ثم مسبار الكواكب الحالي (المركبات الفضائية).

وما أكثر ما سوف تتحسن دراستنا لهذه النجوم الجديدة (المستعرات) عمّا كانت عليه أيام «تيكو» و«كبلر»!

ولكن، لسوء حظ علماء الفلك، إن مستعر «كبلر» في العام 1604، كان حقاً آخر نجم جديد ظهر في السماء، بتألق الكواكب. فمنذ ذلك الحين - لا شيء.

وعلى الرغم من ذلك، استمر تقدم المعرفة حول المستعرات، كما سأشرح في الفصل التالي.

(*) كوكبة الحوّاء والحوّة وهي مجموعة نجوم في النصف الشمالي من السماء - المترجم.

نجوم متألقة

طُلب مني مؤخراً كتابة مقال حول الفلم السينمائي الجديد : Star Trek IV: The Journey Home (عربة النجوم - 4: رحلة العودة)، وتولّت سيدة شابة تعمل لحساب طالبي المقال، الحصول على تذكرتين - لها ولي - لمشاهدة العرض المسبق للفلم، على أن تخبرني في وقت لاحق، أين ومتى التقيها. مرت الأيام، ولم أسمع شيئاً عن المشروع. أخيراً، وفي أصبوحة يوم العرض المسبق بالذات، اتصلت بي هاتفياً. ويبدو أن الحصول على التذكرتين كلفها عناءً كبيراً.

سألتها: «لماذا؟ ألسن تمثلين مؤسسة إعلامية مهمة، ويجب أن يكون جماعة الفلم في غاية السرور لكتابتي عنه، إذ انها دليل على إعجابي «بعربة النجوم»؟».

فقلت السيدة: «هذه هي المشكلة. عندما رأيت تردهم في إعطائي التذكرتين، قلت لهم: ألا ترغبون في أن يكتب إسحاق عظيموف عن الفلم؟ فأجابتنني الفتاة على الطرف الآخر من الخط: مَنْ هو إسحاق عظيموف؟ - «أنتصور»؟»

ضحكت وقلت: «أنتصور بالطبع.. فانا أقدر أن حوالي واحد بالمشة من

الأميركيين قد سمع باسمي .. ولعلك وقعت على واحد من الـ 99% الباقين .. ماذا فعلت أخيراً؟».

قالت: «نسخت من المكتبات قائمة بأسماء مؤلفاتك - بطول عدة صفحات - وأرسلتها بالتلكس إلى الفتاة، مع ملاحظة صغيرة: «هذا» هو إسحاق عظيموف». وعلى الفور، اتصلت بي لتقول إن التذكريتين جاهزتان في شباك التذاكر».

وفي الوقت المحدد، ذهبت برفقة السيدة الشابة، فوجدنا التذكريتين في انتظارنا فعلاً، ودخلنا نشهد عرض الفلم (الذي أعجبني جداً). وعندما أخذ الجالسون في جواري يقدمون إليّ نسخهم من منهاج الفلم لتوقيعها - وهو أمر لا مفر منه، قالت رفيقتي باستهجان غاضب: «كيف يمكن لهذه الفتاة أن لا تعرفك؟» فقلت: رجاء، إنني أرحب بمثل هذه الحوادث، فهي تساعد في إبقاء قدمي على الأرض ..

ولكني مع ذلك، لا أحب أن يتكرر هذا الأمر «كثيراً». وسأنابر على كتابة مقالاتي، عل عدد الذين يعرفونني يزداد واحداً أو اثنين.

في المقال السابق، تحدثت على المستعرات أو «النجوم الجديدة» التي تسطع فجأة في السماوات. وانتهيت إلى مستعر العام 1604، الذي رصده «جوهانس كبلر»، مشيراً إلى أنه كان آخر مستعر ظهر في السماوات، بتألق ينافس تألق الكواكب، كالمشتري أو الزهرة.

ولتقدم الآن. ففي سنة 1609، صمم العالم الإيطالي «غاليليو غاليلي» Galileo Galilei (1564 - 1642) مقراباً فلكياً، بعد سماعه إشاعات مفادها أن مثل هذا الجهاز قد اخترع في هولندا. وقام بما لم يفعله أصحاب المقراب الأولين: أداره نحو السماوات.

نظر في مقراه أول الأمر، عبر المجرة (الدرب اللبني)، فوجد أن المجرة ليست مجرد ضباب منير، بل إنها تجمعات من نجوم باهتة، أعتم من أن ترى فردياً بالعين المجردة. وفي الواقع، فأنى أدار «غاليليو» مقرابه، كان يزيد من تألق سائر النجوم، ويجعل من الممكن رؤية العديد منها، مما لم يكن يُرى بالعين المجردة.

ولا يبدو هذا مجفلاً بالنسبة إلينا. فثمة مرتبة واسعة من التألق للأجرام

السماوية، بدءاً من الشمس، ونزولاً إلى أعتم نجم مرثي. فلماذا لا تتسع المرتبة بنجوم أشد إعتاماً تتعذر رؤيتها؟ وقد يبدو لنا أن اكتشاف «غاليليو» لا يعدو كونه تأكيداً إضافياً لأمر واضح، قلما يحتاج إلى تأكيد.

إلا أن الأمر لم يكن كذلك في زمن «غاليليو». كان الاعتقاد السائد، إن الله خلق الكون خصيصاً من أجل الكائنات البشرية. فكل ما في الكون مصمم بحيث يجعل الحياة ممكنة، أو ليزيد من رفاة الإنسان وتنمية كيانه وتأهيل روحه، أو على أقل ما فيه، كعبرة ترفع من مستواه الأخلاقي.

ولكن ما الدور المحتمل للنجوم غير المرئية؟

قد يكون الجنوح للوهلة الأولى، إلى الافتراض بأن النجوم التي لا ترى إلا بالمقرب، هي نجوم مصطنعة، وبشكل ما من فعل المقرب نفسه، أي إنها أوهام لا وجود لها في الحقيقة. وثمة حكاية معروفة جيداً بالفعل، يوم اكتشف «غاليليو» أقمار المشتري الكبيرة الأربعة، إذ زعم أحد العلماء أن هذه الأقمار غير موجودة لأن كتابات «أرسطو» لم تأتِ على ذكرها إطلاقاً.

إلا أن استخدام المقرب عمّ وانتشر، فصنع العديد منه. والنجوم تلك التي شاهدها وسجلها «غاليليو»، شاهدها وسجلها علماء فلكيون آخرون كذلك. وأصبح من المقبول أخيراً، أن الله خلق بالإضافة، نجوماً لا تراها العين المجردة، ولعل في هذا إشارة أولى إلى أن الهدف الأساسي من خلق الكون، لم يكن بالضرورة من أجل رفاة الإنسان (وهي نقطة لم أجد في تاريخ العلوم أي تشديد عليها).

كان من واقع الاكتشاف، أن عدل من نظرة علماء الفلك إلى المستعرات. فما دام الاعتقاد سائداً بأن النجوم المرئية هي وحدها الموجودة، فإن النجم الذي يُشاهد حيث لم يكن أي نجم مرثي من قبل، كان يُفترض بأنه يولد لأول مرة، أي انه نجم «جديد» (وكما أشرت في الشهر الماضي، فإن معنى كلمة nova باللاتينية هو «جديد»). ومرة أخرى، فعندما يغيب مستعر ما عن النظر، كان المفترض أنه قد امحى من الوجود.

فيذا كان من الممكن وجود نجوم أعتم من أن ترى بالعين المجردة (أي بدون المقرب)، فقد يكون المستعر كذلك موجوداً منذ الأزل، حيث كان أعتم من أن يُشاهد، ثم سطع فأصبح مرئياً للعين المجردة، وأخذ بعد ذلك يعتم إلى أن غاب أخيراً عن النظر - من دون مقرب.

قد لا يكون المستعر نجماً جديداً إذن، بل مجرد نجم ذي تآلق غير مستقر، شأن النجوم الأخرى، أي ان المستعر نجم «متغير».

وسرعان ما تبين صحة هذا القول، من المستعر الظاهري الذي شاهده سنة 1596، «ديفيد فبريسيوس» David Fabricius (كما أشير في الفصل السابق) ضمن كوكبة «قيطس» Cetus. ففي أوج سطوعه لم يكن أكثر من نجم متوسط التآلق - من المرتبة الثالثة - ولكنه اختفى بعد فترة. وهذا ما جعل منه مستعراً، أيام ما قبل المقراب.

وفي العام 1638، شاهد عالم الفلك الهولندي «هولواردا أوف فرانكر» Holwarda of Franeker (1618 - 51) نجماً في نفس الموقع الذي شاهد فيه «فبريسيوس» مستعره قبل 42 عاماً. رأى «هولواردا» المستعر يبهت ويختفي ظاهرياً عن النظر، ثم يعود إلى الظهور أخيراً. إلا أن «هولواردا» كان يتمتع بأفضلية وجود المقراب، وعند رصد النجم، وجد أنه في الحقيقة لا يختفي أبداً. كان يبهت حقاً إلى أن يغيب عن النظر المجرد، ولكنه يبقى مرئياً بالمقراب على الدوام.

كان النجم المتغير آنذاك، نجماً ثورياً مثلما كان النجم الجديد (المستعر). أما العقيدة اليونانية القديمة عن سرمدية السماوات التي لا تتغير، فقد أفسدها الأول كلياً، كما أفسدها الآخر.

تبين أن النجم الذي شاهده كل من «فبريسيوس» و«هولواردا»، كان في أوج سطوعه أكثر تألقاً منه في أقصى إعتمائه، بحوالي 250 مرة، متأرجحاً بين هذين الطرفين كل حوالي 11 شهراً، فأطلق عليه عالم الفلك الألماني «جوهانس هيفيلوس» Johannes Hevelius (1611 - 87) إسم «ميرا» Mira (من اللاتينية بمعنى: الرائع) تكريماً لمزيتها المدهشة في التغير.

كان «ميرا» أول نجم متغير يُكتشف، ثم اكتشفت نجوم أخرى مع مرور الزمن، إلا أن معظم هذه النجوم المتغيرة، كان أقل تغيراً من «ميرا».

وفي العام 1667، لاحظ عالم الفلك الإيطالي «جيمينيانو مونتاناري» Geminiano Montanari (1633 - 81) أن «رأس الغول» Algol، وهو نجم في كوكبة فرساوي Ferseus، كان متغيراً، وتغيره في غاية الانتظام، إذ يتحول من التآلق إلى الإعتمام كل 69 ساعة، ويكون في أوج سطوعه أشد تألقاً منه في أقصى إعتمائه، بثلاث مرات فقط.

وفي سنة 1784، اكتشف عالم الفلك البريطاني «جون غودريك» John Goodricke (1764 - 86)، ان النجم «مثلث قيفاوس» Delta Cephei الملهب، في كوكبة قيفاوس، كان يتغير في دورة من 5.5 أيام، إلا أنه في أوج سطوعه، يعادل ضعفي إعتامه.

يُعرف حالياً العديد من هذه النجوم المتغيرة، كما يمكن القول ان المستعرات هي نجوم متغيرة. ولكن نظراً إلى قوة سطوعها، فإن تألقها لا بد وأن يتغير بفارق أكبر بكثير مما نلاحظه في النجوم العادية المتغيرة. وبالإضافة، فيما أن المستعرات كالتى شاهدها «تيكو براهي» و«كبلر»، كانت تبدو مرة ثم تختفي عن الأنظار إلى الأبد، فلا بد من أنها «بالغة» التغير.

كل هذا، كان يشير إلى وجود شيء غير مألوف في المستعرات، هو مصدر إحباط بين علماء الفلك، إذ لم يظهر في السماء أي مستعر بعد العام 1604، على الرغم من وجود المقرب.

فحتى المستعرات المعتمدة نسبياً، لم تظهر في الواقع (أو على الأقل لم تُشاهد) لفترة طويلة. ولكن في العام 1848، شاهد عالم الفلك البريطاني «جون راسيل هايند» John Russell Hind (1823 - 95) مستعراً في كوكبة «الحواء» الشمالية Ophiuchus، ولكنه لم يبلغ حتى المرتبة الرابعة، وبالتالي، فقد كان نجماً معتماً، ولا بد من أنه لم يُثر الانتباه أيام كانت قلة من علماء الفلك تدرس السماء، وبالقليل من التفاصيل:

لم يكن مستعر «هايند» نجماً متغيراً اعتيادياً، لأنه - بعد أن غاب عن الأنظار، لم يعد إلى التألق أبداً. لم يكن هنالك أي دورة للتغير. وبكلمة أخرى كان «طلقة واحدة»، وهو ما بدا حينذاك الميزة المميزة للمستعرات.

تم اكتشاف ثلاثة أو أربعة مستعرات مشابهة خلال السنوات المتبقية من القرن التاسع عشر. اكتشف أحدها سنة 1891، على يد قس اسكتلندي من هواة علم الفلك، «ت. د. اندرسون» T. D. Anderson، وكان من المرتبة الخامسة فقط.

ثم في ليل 21 شباط/فبراير 1901، اكتشف «أندرسون» مستعراً «ثانياً»، وهو عائد إلى بيته إثر واجب اجتماعي، وسُمي هذا المستعر الواقع في كوكبة فرساوس، «مستعر فرساوس» Nova Persei.

اكتشفه «أندرسون» في وقت مبكر حيث كان بعد متألقاً. بلغ أوج سطوعه

بالمرتبة 2. 0 الأكثر تألقاً من المرتبة الأولى . وهذا ما جعله في تألق «فيغا» Vega، رابع النجوم الأكثر إشراقاً . ومع كونه دون تألق الكواكب، فقد كان أسطع مستعر على مدى ثلاثة قرون .

إلا أن بتصرف علماء الفلك اليوم، تقنية التصوير الفوتوغرافي، وهذا ما سهّل اكتشاف أمور في المستعرات، لم تكن ميسورة في السابق .

لقد صُوّرت منطقة ظهور مستعر فرساوس تكراراً، وبمراقبة الصور التي أخذت قبل ظهور المستعر، وجد علماء الفلك في نفس النقطة التي سطع فيها مستعر فرساوس لاحقاً، نجماً شديداً الإعتام، من المرتبة الثالثة عشرة . ومن متابعة إعتام مستعر فرساوس تبين أنه يعود أخيراً إلى المرتبة الثالثة عشرة .

خلال أربعة أيام، تضاعف سطوع مستعر فرساوس 160 000 مرة، وعلى مدى أشهر قليلة، تلاشى كل هذا التألق المتزايد من جديد . لقد كان بالفعل نجماً في غاية التغيّر، يختلف سلوكه كثيراً عن المتغيرات الأخرى .

والأكثر من هذا، أن التصوير الفوتوغرافي المطوّل، أظهر تفاصيل تخفى عن النظر حتى مع الاستعانة بالمقرب .

بعد حوالي سبعة أشهر من سطوع مستعر فرساوس في السماء، أظهرت صورة مطولة للنجم بعد أن أمسى معتماً، هالة ضبابية ضوئية حوله، تكبر في الحجم أسبوعاً بعد أسبوع وشهراً بعد شهر . ومن الواضح انه كان هنالك غيمة رقيقة من الغبار حول النجم، تعكس الضوء وهي تتمدد . وبحلول العام 1916 أي بعد مرور 15 سنة، أصبحت السحابة أكثر كثافة، واستمرت في تمددها خارج النجم في كل الاتجاهات .

بدا واضحاً أن النجم انفجر انفجاراً هائلاً طرد الغازات، فاعتُبر مستعر فرساوس (وافترضاً مستعرات أخرى) من بين مجموعة النجوم التي تدعى المتغيرات «الثورانية» أو «المتفجرة» . إلا أن هذه التسميات، مع كونها وصفية رائعة التصوير، لم يكن من شأنها - ولم تتمكن بالفعل من الحلول محل كلمة «المستعر» التي تتمتع بقداسة القدم .

وشاهد بالفعل مستعر أشد تألقاً، من قِبَل عدة راصدين، في 8 حزيران /يونيه 1918، في كوكبة «العقاب» Aquila . كان في حينه مستعراً من المرتبة الأولى . وبعد يومين، بلغ أوج سطوعه، بمرتبة -1.1، أي بقوة تألق الشعري اليمانية Sirius، أكثر النجوم تألقاً .

ظهر مستعر العقاب خلال الحرب العالمية الأولى، حين بدأ آخر هجوم ألماني كبير يفقد من زخمه. وبعد خمسة أشهر، استسلمت ألمانيا، فأطلق جنود الحلفاء في الجبهة على مستعر العقاب أسم «نجم النصر».

ومرة أخرى، أمكن رؤية مستعر العقاب في الصور التي أخذت قبل انفجاره. كان في أوج تألقه، أقوى بثلاثة أضعاف من تألق مستعر فرساوس (ولم يُشاهد أي مستعر بهذا التألق منذ ذلك الحين). إلا أن مستعر العقاب كان أكثر تألقاً منذ بدايته، ولم يتضاعف تألقه سوى 50 000 مرة عند انفجاره.

لقد تم تصوير طيف مستعر العقاب الضوئي قبل أن يصبح مستعراً. وهو حتى اليوم، المستعر «الوحيد» الذي سُجِّل طيفه قبل استعاره. بين الطيف انه نجم ساخن، مع درجة حرارة سطحية تعادل ضعفي حرارة الشمس. وهذا أمر معقول. فحتى وإن لم نعرف شيئاً عن تفاصيل الانفجار النجمي، فإنه يبدو منطقياً أن النجم الساخن أكثر احتمالاً للانفجار مما هو دونه في السخونة.

في كانون الأول/ديسمبر 1934، ظهر مستعر في كوكبة «الجاثي» (أو الراقص) Hercules من المرتبة 1.4. لم يكن مستعر «الجاثي» في تألق مستعر فرساوس أو العقاب. ولم يكن ليثير المزيد من الانتباه، لولا انه بعد إعتمامه حتى المرتبة 13 التي منها بدأ قبل أربعة أشهر، عاد فجأة للتألق من جديد، فأصبح بعد أربعة أشهر مرئياً بالعين المجردة، ولم يعد إلى المرتبة 13، إلا في سنة 1949.

الظاهر إن النجوم قد تتألق أكثر من مرة. وقد أخذ علماء الفلك يتحدثون من جديد عن «مستعرات معاودة».

آخر مستعر ملحوظ، ظهر في كوكبة «الدجاجة» Cygnus بتاريخ 19 آب /أغسطس 1975. سطع مستعر «الدجاجة» بسرعة غير اعتيادية، ليصبح أشد تألقاً بثلاثين مليون مرة خلال يوم واحد، ويبلغ المرتبة الثانية. ولكنه خبا بسرعة، وغاب عن النظر خلال ثلاثة أسابيع. والظاهر انه كلما كان التألق أسرع وأكبر، كان الإعتمام أسرع وأقصى.

يبد أن كل هذه المستعرات التي أشرت إلى ظهورها في عهد المقراب، ليست في أهمية مستعر لم أذكره. وهو مستعر قد يكون في أوج سطوعه متألقاً بحيث يرى بالعين المجردة.

قد يكون هذا المستعر الخاص، الذي ظهر في كوكبة «المرأة المسلسلة» Andromeda شوهد لأول مرة في 17 آب/أغسطس 1885 من قبل عالم الفلك الفرنسي «ل. غوللي» L. Gully. كان يختبر مقراباً تبين أن به خللاً، فرأى أن لا داعي لإثارة ضجة حول مشاهدة لنجم جديد، قد لا يكون موجوداً في الواقع. ولعل أحد هواة علم الفلك الإيرلنديين «ا. و. وارد» I. W. Ward شاهد النجم في 19 آب، ولكن مرة أخرى لم تثر ضجة في حينه، ولم يقدم اكتشافه إلا فيما بعد.

أما المكتشف الرسمي، فكان عالم الفلك الألماني «أرنست هارتويغ» Ernst Hartwig (1851 - 1923)، إذ كانت مشاهدته الأولى للمستعر في 20 آب 1885، واعتبر أنه من المرتبة السابعة أو قريباً من السادسة احتمالاً.

إلا أن القمر كان بدرأ كاملاً، والرصد صعباً. فقرر «هارتويغ» متابعة الرصد، قبل إعلان اكتشافه للنجم الجديد. واعترضه (كما يحدث غالباً) أسبوع من الطقس الغائم. أخيراً وفي 31 آب، أرسل تقريره الرسمي. وفي الحال، وجّه علماء الفلك الآخرون مقاريبهم نحو كوكبة «المرأة المسلسلة».

كان النجم آنذاك في المرتبة السابعة. وحتى ذلك التاريخ، لم يسبق أن شوهد أي مستعر بمثل هذا الإعتام، فلم يُعرف على حقيقته. كان يبدو كنجم متغيّر عادي. ويُسمّى النجم العادي المتغيّر بحسب الكوكبة التي ينتمي إليها، فيعطى حرفاً استهلالياً إضافياً، ابتداءً من الحرف R فما بعد. وبما أن نجم «هارتويغ» كان النجم المتغيّر الثاني المسجل في كوكبة «المرأة المسلسلة»، فقد أعطى إسم «S - المرأة المسلسلة» (S - م م تسهلاً) S - Andromeda.

ولكن مع نهاية شهر آب، أخذ النجم يخبو بسرعة، واستمر يخبو إلى أن بلغ المرتبة الرابعة عشرة بعد ستة أشهر. كان مستعراً رغم شدة إعتمائه، واحتفظ باسمه.

إلا أن «S - م م» لم يكن في كوكبة المرأة المسلسلة تماماً، بل في مركز جسم من الكوكبة يدعى «سديم المرأة المسلسلة» Andromeda Nebula - وهذا يشكل قصة بحد ذاته.

يمكن مشاهدة هذا السديم بالعين المجردة على شكل «نجم» غائم من المرتبة الرابعة. وقد حدد موقعه بعض علماء الفلك العرب في القرون الوسطى. كان أول من شاهده عبر المقراب سنة 1611، عالم الفلك الألماني

«سايمون ماريوس» Simon Marius (1573 - 1624) وتبين جلياً انه ليس نجماً، إذ لم يكن نقطة ضوء متألقة، بل جسيماً ضبابياً ممتدداً، أشبه بسحابة صغيرة في السماء (وتعني كلمة Nebula باللاتينية «سحابة»).

كانت الأجسام الغائمة التي تبدو أكثر أهمية لعلماء الفلك في القرن الثامن عشر، هي المذنبات. إلا أن «سديم المرأة المسلسلة» كغيره من الأجسام المشابهة، «لم يكن» من المذنبات. فالمذنب يغير موقعه في السماء، وكذلك شكله وتألقه، الخ. أما مختلف السُدم، فهي لا تتغير ولا تتحرك. ومع ذلك فقد شوهدت سدم من قبل علماء فلك متحمسين ظنوا انهم اكتشفوا مذنباً جديداً، ثم تبين أنهم كانوا مخطئين.

كان أهم صيادي المذنبات في القرن الثامن عشر، عالم الفلك الفرنسي «شارل مسيه» Charles Messier (1730 - 1817)، واغتاظ لأنه انخدع على هذا النحو.

ثم أخذ في العام 1784 يعد جدولاً بسائر الأجسام الغائمة في السماء والتي قد يُظن أنها مذنبات. كانت رغبته في أن يقابل كل صياد مذنبات، ما يكتشفه مع الجدول، قبل أن يعلن عن مذنب جديد، وذلك للتأكد من أنه لم ينخدع. ورقم «مسيه» الأجسام في جدولته (كان يحوي في النهاية 102 منها) وهي تعرف برقمها مع حرف M في أولها (كناية عن «مسيه»).

والأكيد أن «مسيه» ذكر «سديم المرأة المسلسلة» في جدولته. كان في الدرجة الواحدة والثلاثين بحيث يشار إليه غالباً بـ «M 31».

لقد حير هذا السديم علماء الفلك. فأكثر ضبابية مألوفة في السماء هي الطبع «الدرب اللبني» (المجرة)، وقد بين «غاليليو» انها مؤلفة من نجوم باهتة جداً، تبدو من دون المقراب كضباب مضيء.

يشاهد في السماء الجنوبية قطعتان غائمتان كجزئين منفصلين عن المجرة. وقد شوهدتا لأول مرة من قبل أوروبيين سنة 1519، في سياق رحلة «فرديناند ماجلان» Ferdinand Magellan (1480 - 1521) التي سارت بمحاذاة شواطئ أميركا الجنوبية حتى طرفها الجنوبي الأقصى خلال الرحلة الرائدة حول العالم. وتدعى تلك الرقعتان «سحابتي ماجلان» تبعاً لذلك. وهي أيضاً ترى في المقراب على أنها تجمعات من نجوم باهتة.

ومع أن سديم المرأة المسلسلة كان يبدو مشابهاً للمجرة أول لسحابتي

ماجلان في مظهره، فقد تعذر اكتشاف مؤلفاً من مجموعة نجوم، عبر أي مقراب خلال القرن الثامن عشر (أو التاسع عشر). فلماذا؟.

أول من عبّر عن فكرة مفيدة في هذا الموضوع، كان الفيلسوف الألماني «يمانويل كانط» Immanuel Kant (1724 - 1804)، سنة 1755. لقد قدّر أن سديم المرأة المسلسلة - كغيره من الرقاع الضبابية الفضائية المشابهة، يتألف من نجوم، ولكنه أبعد بكثير من المجرة ومن سحابتي ماجلان، بحيث تعجز أفضل المقاريب المتوفرة لدى علماء الفلك عن فصل الضباب إلى نجوم. كان يتحدث عن «جزر من الأكوان» (أو الأكوان - الجزر).

والواقع انه محق في هذا، محق تماماً. إلا أن الأمر لم يثر أي اهتمام في عالم الفلكيين. لقد كان متقدماً جداً على عصره. فعلماء الفلك في القرن الثامن عشر، لم يعرفوا بعد أي نجم، رغم الشعور المتنامي بكون النجوم بعيدة جداً. وأول من تحدث عن أبعاد النجوم بما يعرف اليوم «بالسنوات الضوئية»، كان عالم الفلك البريطاني «إدموند هالي» Edmund Halley (1656 - 1742).

كان علماء الفلك يعيشون عبر التاريخ، داخل كون صغير، يُصوّر بحجم يكفي لاحتواء ما نسميه اليوم النظام الشمسي - كما كان النظام الشمسي يُصوّر بأصغر مما نعرفه اليوم. ولهذا، كان توسيع أفق المشاهدة إلى السنوات الضوئية أمراً غير مألوف. ولكن عندما تحدث «كانط» عن أبعاد أكبر بكثير حتى من هذا، إلى درجة لا يتسنى معها للمقرب أن يتبين النجوم فردياً، كان ذلك فوق الاحتمال. . فارتعد علماء الفلك وانصرفوا عنه.

إلا أن نظرة أخرى، أقل خيالاً وبالتالي أكثر تقبلاً، كانت نظرة عالم الفلك الفرنسي «بيار سيمون دولاپلاس» Pierre - Simon De Laplace (1749 - 1827). فقد اقترح سنة 1798 ان النظام الشمسي كان في بدايته سحابة كبيرة دوامة (دوارة على نفسها) من الغبار والغازات، تكثفت ببطء، ليتحول مركزها إلى الشمس، وضواحيها إلى كواكب. (كان «كانط» في الحقيقة قد تقدم باقتراح مماثل في نفس الكتاب الذي تحدث عن «الأكوان الجزر»، إلا أن «لاپلاس» أعطى مزيداً من التفاصيل).

اعتقد «لاپلاس» أنه يستطيع دعم الحجة بالإشارة إلى نجم ونظام كوكبي كان واقعياً في طور التكوين، وبدا أن سديم المرأة المسلسلة هو المطلوب تماماً: ففيه التفسير لتألقه. وكان في مركزه نجم آخذ في السطوع وإضاءة

السحابة الضخمة من الغبار والغازات التي ما زالت تحيط به وتحجبه. ولم تستطع المقارِب أن تفصل هذه السحابة إلى نجوم، لأنها لم تكن مؤلفة من نجوم منفصلة، بل من نجم واحد لم يكتمل تكوّنه بعد.

وبسبب اعتماده سديم المرأة المتسلسلة مثلاً، سُمي مفهوم «لاپلاس» باسم «الفرضية السديمية» (nebular hypothesis).

فإذا كان «لاپلاس» على صواب، لن يكون سديم المرأة المتسلسلة بعيداً جداً عنا كما يفترض مفهوم «كانط»، بل قريباً دانياً، لأن نظاماً صغيراً كمجرد نظام كوكبي مفرد، لا يبدو بهذا الحجم.

خلال القرن التاسع عشر، تعاظم سديم المرأة المتسلسلة باطراد عادي. وتبين من رصد السماوات بمقارِب أكثر فأكثر تطوراً، وجود عدد من السدم المتوهجة، ومع ذلك لم يظهر أي دليل على وجود نجم، حتى مع البحث الدقيق.

أعار عالم الفلك الارلندي «وليام پارسونز» William Parsons (1800 - 67) اهتماماً خاصاً لهذه السدم، ولاحظ في سنة 1845، ان عدداً منها ذو بنيات لولبية، تماماً كما لو كانت دوامات ضوئية واضحة وصغيرة. كان المثال الأكثر إثارة منها، أحد الأجسام المدرجة في جدول «مسييه»، الجسم «M 51» إذ يبدو من جميع أنحاء العالم كدولاب الهواء (لعبة للأطفال). وسرعان ما عرف باسم «السديم الدوام» Whirlpool Nebula، وأخذ علماء الفلك يتحدثون عن «سدم لولبية» على أنها صنف مألوف من الاجرام السماوية.

ومع تقدم القرن التاسع عشر أصبح بالإمكان تصوير السدم مع إطالة فترة التعريض بحيث تتاح رؤية المزيد من التفاصيل عما يرى بالعين المجردة.

وفي الثمانينات من القرن التاسع عشر، أخذ أحد هواة علم الفلك من مقاطعة «ويلز» بإنكلترا، «إسحاق روبرتس» Isaac Roberts (1829 - 1904) عدداً كبيراً من الصور الفوتوغرافية هذه. وفي سنة 1888، تمكن من الإثبات بأن سديم المرأة المتسلسلة هو ذو بنية لولبية، الأمر الذي لم يكن ملحوظاً في السابق، لأن هذا السديم شوهد بشكل طرفي مسطح أكثر بكثير مما في حال «السديم الدوام».

أشار «روبرتس» انه إذا أظهرت الصور المأخوذة للسدم على التوالي خلال

سنين متواصلة، أن هذه السدم تدور بسرعة يمكن قياسها، فلن تكون بعيدة عنا. ذلك ان أي جرم في بُعد «الأكوان - الجزر» التي تحدث عنها «كانط»، يستغرق ملايين السنين قبل أن تظهر عليه تغيرات يمكن قياسها. وفي العام 1899، أعلن «روبرتس» أنه شاهد تغيرات دورانية في صوره المتعددة لسديم المرأة المسلسلة.

ثم انه في سنة 1899 أيضاً، صوّر الطيف الضوئي لذاك السديم (لأول مرة)، فتبين أن له جميع خصائص ضوء النجوم التي قد تدل على تكوّن نجم في داخله.

وبين الادعاءات المعلنة بأن سديم المرأة المسلسلة كان يدور بشكل مرئي ظاهر، وبين طيفه الضوئي الشبيه بطيف النجوم، بدا أن القضية قد سويت.

وفي العام 1909، أصرّ العالم الفلكي البريطاني «وليام هوغنز» William Huggins (1824 - 1910) أن لا مجال للشك في كون سديم المرأة المسلسلة نظاماً كوكبياً في مرحلة تطوره الأخيرة.

بيد أن نقطة صغيرة بقيت من دون حل، وهي موضوع S - المرأة المسلسلة (S - م م) وهو موضوع سوف نتناوله في الفصل التالي.

نجوم منفجرة عظمى

في الأسبوع الماضي، أخذتني زوجتي العزيزة جانيت إلى مبنى أثري قديم من أيام الاستعمار، هنا في مانهاتان. ولم أكن أتصور بقاء تلك التحفة على هذه الجزيرة، إلا أنها كانت بالفعل. دفعنا مبلغاً زهيداً (تستحقه)، ووقعنا على سجل الزوار، ثم أجالتنا في أنحاء القصر امرأة في غاية اللطف. وعندما أشرفنا على نهاية الطواف، اقتربت منا امرأة أخرى بحياء. كانت تحمل كتباً ورقية الغلاف، من روايات «المؤسسة» الثلاث الأولى (أعرف كتيبي من أي طبعة لمجرد رؤيتها).

قالت: «دكتور عظيموف؟»

قلت: «أجل، سيدتي».

قالت: «إن ابني شديد الإعجاب بكتاباتك. وعندما رأيت توقيعك على سجل الزوار، ناديته وقلت إنك، على ما أعتقد، موجود في المكان، غير أنني لا أعرفك شخصياً. فقال لي: هل هنالك أي إنسان ذي سالفين خديين أبيضين كبيرين؟ قلت: أجل. قال: إنه الدكتور عظيموف. ثم جاء بهذه الكتب».

وهكذا، فقد وقعت عليها.

دائماً ما أقول إن لي ثلاث «علامات تجارية»: ربطات عنقي الطويلة،

ونظاراتي ذات الإطار القاتم، وسالفاي الخديان الأبيضان. على أن كل إنسان قد يحمل ربطة عنق طويلة ونظارات ذات إطار قاتم. أما السالفان الخديان الأبيضان، فهما في الحقيقة ما يجعلني مختلفاً [عن الآخرين]، ذلك لأنه ينذر أن نجد بين الناس من يهتم لمثل هذه الزخارف في الوجه.. ولحسن الحظ اني انبساطي (*) وغير خجول، ولا أخشى أن أعرف، ولهذا فلست أنوي حلقهما.. وللمصادفة، كنت أثناء الحادثة على أهبة كتابة هذا المقال، إكمالاً للموضوع الذي كنت أعالجه في المقالين السابقين، وسأناقش بالتالي موضوع نجم فضح بمعنى ما، سديم المرأة المسلسلة.. تماماً كما فضحني سالفاي الخديان..

ولأشرح -

أشرت في الفصل السابق إلى أنه في بداية القرن العشرين، قام جدل حول سديم المرأة المسلسلة: كان هنالك من يرى أنه مجموعة هائلة ونائية من النجوم غير المرتبة فردياً، تقع بعيداً جداً خارج مجرتنا. وإذا كان الأمر كذلك، يكون سديم المرأة المسلسلة (سديم / م م) بلا شك، واحداً من أجسام مشابهة، أي ان الكون بالتالي، أوسع بكثير مما كان في نظر علماء الفلك عند مطلع القرن العشرين.

وكان هنالك آخرون يرون أن مجرتنا (مع سحبتي ماجلان) يشكلان الكون في معظمه، وان «سديم / م م» وسائر الأجسام المشابهة، ما هي إلا غيوم صغيرة نسبياً وقريبة، من الغبار والغازات، داخل مجرتنا. حتى ان بعضهم أشار إلى أن مثل هذه السدم، يمثل أنظمة كوكبية فردية في طور التكوّن.

وفي الجدل بين «السدّم البعيدة» و«السدّم القريبة» (وهي تسميتي لكل من الفريقين) بدا أن كفة جماعة «السدّم القريبة» هي التي رجحت. كان البرهان الرئيسي، تلك الصور الفوتوغرافية لسديم / م م، التي أخذت على مدى سنين، وأظهرت أنه يدور بسرعة يمكن تحديدها. فلو كان بعيداً خارج مجرتنا، لكانت أي حركة تبدو ضئيلة بحيث يستحيل قياسها. وبالتالي فإن اكتشاف أي حركة يمكن قياسها، يعني ان الجسم المشار إليه قريب منا.

(*) الانبساطي هو من يصرف اهتمامه إلى كل ما هو خارج عن ذاته.

وهذا يترك معضلة من دون حل. فكما شرحت في المقال السابق، لقد ظهر نجم خلال شهر آب 1885 في «سديم / م م» وأشار إليه باسم S - المرأة المسلسلة» (S - م م) وبما انه ظهر حيث لم يرصد أي نجم مكانه من قبل، وبما أنه أصبح أعتم من أن يرى، بعد سبعة أشهر، فهو مستعر؛ بل إنه أعتم مستعر اكتُشف على الإطلاق. لأنه، حتى في أوج سطوعه، لم يتجاوز الحد الأدنى المرئي بالعين المجردة، بل قد لا يكون اكتشف لولا أنه ظهر في وسط الضباب الفارغ، من «سديم / م م».

لم يُعزّه أحد اهتماماً كبيراً في حينه. ولكن مع احتدام النقاش حول «سديم / م م»، احتلّ «S - م م» درجة مركزية. فإذا كان المستعر موجوداً «داخل» السديم، فمن غير المحتمل أن يكون السديم مجرد سحابة من الغبار والغاز، بل يُرجّح أن يكون حشداً Cluster من نجوم شديدة الإعتام، انفجر أحدها فتألق بحيث يرى في المقراب. وهذا يشكل دعماً قوياً لصالح نظرة «السدم البعيدة».

إلا أن العائق في هذه النظرة، عدم وجود وسيلة للإثبات بأن المستعر «S - م م» هو في الواقع جزء من السديم. فقد يكون مجرد نجم يقع في «اتجاه» السديم، ولكنه أقرب بكثير إلينا من ذلك السديم. وبما اننا لا نرى السماء بثلاثة أبعاد، فإن المستعر «S - م م» القريب منا، قد يبدو لأعيننا جزءاً من السديم، في حين انه ليس منه.

ولكن إذا كان «سديم / م م» قريباً نسبياً، وكان المستعر «S - م م» أقرب منه، فلماذا يبدو معتماً إلى هذا الحد؟

ولمَ لا؟ هناك العديد من النجوم القريبة المعتمة. فنجم «بارنارد» Bar-nard's star لا يبعد سوى ست سنوات ضوئية (وحدها منظومة «الظلمان» قنطورس Alpha Centauri أقرب منه) ومع ذلك لا يمكن رؤيتها إلا بالمقراب. حتى ان أحد نجوم نظام الظلمان نفسه، «ألفا قنطورس - C»، أو «الظلمان القريب» Proxima Centauri (المكتشف سنة 1913) وهو أقرب النجوم المعروفة إطلاقاً، أعتم بكثير من أن تراه العين المجردة.

هنالك إذن العديد من النجوم المعتمة، وقد يكون «S - م م» واحداً منها قليل التألق حتى عندما أصبح مستعراً - وهكذا بقيت كفة «السدم القريبة» هي الراجعة.

ثم كان العام 1901، حيث سطع، كما أشرت في الفصل السابق، مستعر «فرساوس»، أشد المستعرات ألقاً خلال ثلاثة قرون. وأظهر المقراب سحابة من الغبار والغاز حوله (نتيجة لانفجار النجم)، وبدت دائرة من النور تتسع نحو الخارج مع الزمن. وظنَّ علماء الفلك أنه الضوء الخارج من النجم والذي ينير الغبار أبعد فأبعد. كانت سرعة الضوء الحقيقية معروفة، ومن السرعة الظاهرية لانتشار الضوء نحو الخارج، كان من السهل تقدير بُعد المستعر. وتبين أن مستعر فرساوس يبعد حوالي 100 سنة ضوئية.

وهذا لا يعتبر بعيداً جداً، أي حوالي 25 مرة بُعد أقرب النجوم. ولا عجب أن يبدو مستعر فرساوس ساطعاً.

ولكن ماذا لو أن المستعرات جميعها، بدت عند انفجارها، بهذا التآلق؟ قد تبدو جميعاً متساوية في تألقها الظاهري لو أنها على مسافة واحدة. ولكن بما أن أبعادها كبيرة التفاوت فإن أكثرها تألقاً، يكون الأقرب.

في هذه الحال، إذا كان المستعر «S - م م» قد بلغ في أوج سطوعه، تألق مستعر فرساوس، وبدا معتماً إلى هذا الحد بسبب بعده الشاسع، يمكن عندها قياس هذا البعد. ثم إذا لم يكن «S - م م» في الحقيقة جزءاً من «سديم/م م»، فإن هذا يعني أن السديم أبعد مما هو عليه، وبكثير.

وهنا، أشرقت نظرة «السدم البعيدة»، ولكن... قليلاً. فهذه الحجة تركز على أساس متزعزع جداً. إذ بأي حق نفترض أن جميع المستعرات تبلغ درجة واحدة من التآلق؟ ليس ما يلزم على هذا الافتراض. كان من المعقول أيضاً، القول بأن النجوم المعتمة، تولد مستعرات معتمة، وإن المستعر «S - م م» كان نجماً باهتاً. وقد يكون أقرب من مستعر فرساوس ومع ذلك يبقى أشد إعتاماً، حتى في مرحلة استعاره.

وبقيت كفة «السدم القريب» راجحة.

إلا أن أحد علماء الفلك الأميركيين بقي على تشبهه العنيد بنظرة «السدم البعيدة» رافضاً التسليم بهذه الحجة الأخيرة.

كان هو «هيبير دوست كورتيس» (1872 - 1942) Heber Doust Curtis.

بدأ حياته الأكاديمية بدراسة اللغات، فأصبح أستاذ اللاتينية واليونانية. كان في الكلية التي يُدرّس فيها مقراب، شغف به «كورتيس»، ثم بعلم الفلك الذي لم يدرسه في المدرسة أبداً. وفي العام 1898، تحوّل في اختصاصه فأصبح عالماً

فلكياً ونال شهادة الدكتوراه في هذا الموضوع سنة 1902. في العام 1910، أكّـبَ على دراسة صور المستعرات، وبـالطبع، دخل في الجدل القائم حول «السدـم القريبة» أو «البعيدة» خارج المجرة. كان أحد الأدلة التي تدعم كون السدم جزءاً من مجرتنا هو التالي: لو كانت [السدـم] خارج المجرة، لكانت موزعة في السماء بدون أي تمييز، إذ ليس هنالك ما يجعل وجودها في اتجاه معين سواء لكن السدم كانت تكتشف بأعداد متزايدة كلما ابتعد الرصد عن خط المجرة. قيل في هذا انه يُرجّـح كون السدم جزءاً من المجرة ما دامت الأجسام في داخلها قد لا تتكون قرب الدرب اللبني، لسبب أو لآخر، في حين أن الاجرام خارج المجرة، لا مبرر لتأثرها، بشكل أو بآخر، من بعض مظاهر داخل مجرتنا. إلا أن «كورتيس»، بتصويره مختلف السدم، لاحظ أن العديد منها يحتوي على غيوم داكنة تقع في محيط كتلتها التي غالباً ما تكون على شكل قرص مسطح.

بدأ لـ «كورتيس» أن الحتار (المحيط) الخارجي لمجرتنا (يشار إليها بالدرب اللبني)، قد يشمل كذلك على غيوم كثيفة دكناء. وفي الواقع شوهد عدد منها في الدرب. فقال «كورتيس» إن السدم موزعة فعلاً بالتساوي في السماء، إلا أن الغيوم الداكنة في الدرب اللبني، تحجب العديد منها، «يبدو» أن البعيد منها عن المجرة، أكبر عدداً من القريب. وإذا كان الأمر كذلك، فإن الدليل الخاص حول كون السدم جزءاً من مجرتنا، يسقط.

وبذلك قويت نظرة «كورتيس» حول كون «المرأة المسلسلة» بعيدة. ثم أخذ يفكر على هذا الأساس - كان «سديم / م م» أكبر السدم وأسطعها (بعد سحابتي ماجلان التي هي خارج مجرتنا وتشكل - إذا صح التعبير - أقماراً لها). وباستثناء سحابتي ماجلان، كان «سديم / م م» هو الوحيد المرئي بالعين المجردة. وهذا يُرجّـح كونه أقرب السدم خارج سحابتي ماجلان، والأكثر احتمالاً في منح علماء الفلك تفاصيل مهمة.

فإذا كان «سديم / م م» مجموعة نجوم نائية البعد بحيث لا ترى نجومها فردياً، فإن هذه النجوم سوف تكون مع ذلك أقرب احتمالاً للرؤية من نجوم أي سديم آخر. وبالتالي، فإذا سطع أحد نجوم سديم المرأة المسلسلة كمستعر، فقد

يصبح مرئياً. وهذه هي حال المستعر «S - م م». إلا أن هذا قد لا ينطبق على السدم الأبعد، حيث النجوم الفردية تكون معتمة للغاية، ويصعب مشاهدتها، حتى ما كان مستعراً منها.

قام «كورتيس»، اعتباراً من العام 1917، بسلسلة من الارصاد لسديم المرأة المسلسلة، عله يجد مستعرات أخرى، فنجح في ذلك. وجد عشرات من النجوم التي تظهر ثم تختفي. لم يكن ثمة شك في كونها مستعرات، إلا أنها كانت معتمة بشكل مذهل، فلم يتمكن إلا بشق النفس من مشاهدتها عبر المقراب. وهذا ما كان ينبغي توقعه إذا كان «سديم / م م» بعيداً جداً.

ولكن، هل يحتمل أن «كورتيس» كان يشاهد مجرد مستعرات شديدة الإعتام، في اتجاه ذلك السديم، دون أن يكون أي منها «في داخله»؟ إذا كان الأمر كذلك، فقد لا يتعدى السديم كونه سحابة من الغبار والغاز.

إلا أن هذا لم يكن وارداً بالنسبة إلى «كورتيس»، إذ لا وجود في أي مكان آخر من السماء، لمثل هذا الحشد من المستعرات المعتمة داخل منطقة صغيرة، كالمساحة التي يشغلها «سديم / م م». وفي الواقع، كان هنالك عدد من المستعرات التي تُشاهد باتجاه السديم، أكبر من كل ما في باقي السماء مجتمعاً. وبكل بساطة، لم يكن ثمة مبرر لهذا، لو كان «سديم / م م» مجرد سحابة تافهة من الغبار والغاز.

كان التفسير المنطقي الوحيد أن المستعرات هي داخل «سديم / م م»، وإن عددها الضخم مجرد انعكاس لأعداد النجوم الأكثر بكثير والمتواجدة هناك. وبكلمة أخرى، كان «سديم / م م» مجرة مثل مجرتنا، وفي هذه الحال، لا بد وأن تكون بعيدة بعداً شاسعاً، يُفسّر الإعتام المفرط في مستعراتها. وأصبح «كورتيس» الناطق البارز باسم أصحاب فكرة المرأة المسلسلة البعيدة.

ولكن، ماذا عن المشاهدة الرئيسية التي دعمت فكرة السدم القريبة؟ أي أن «سديم / م م» شوهة وهو يدور. كان ذلك يركز على مشاهدات خلال القرن التاسع عشر، قد تكون موضع شك، إلا أن الرصد تحسن مع بداية القرن العشرين.

خلال الوقت الذي كان فيه «كورتيس» يكتشف مستعرات في سديم المرأة المسلسلة، كان أحد علماء الفلك الهولنديين «أدريان فان مانن» (1884 - 1946)

Adriaan van Maanen يرصد السُّدم بكل عناية. ويدقق في دورانها الظاهري. كان يعمل بتجهيزات متطورة، ويقوم بمشاهدات أفضل مما قام به أسلافه. وأفاد أنه اكتشف تماماً معدل دوران في «سديم / م م» يمكن قياسه، كما في العديد من السدم الأخرى.

كان هذا يؤدي إلى ما يلي :

إذا كان «كورتيس» قد اكتشف حقاً، مستعرات معتمة في سديم المرأة المسلسلة، فلن يكون باستطاعة «فان مانن» أن يكتشف سرعة دوران صغيرة جداً للسديم.

وإذا كان «فان مانن» قد اكتشف حقاً دوران السديم، فلا يمكن أن يكون «كورتيس» قد اكتشف العديد من المستعرات المعتمة فيه. كلٌّ من المشاهدين مانع للآخر. فايّاً منهما نُصدّق؟

لم يكن بالإمكان اتخاذ قرار واضح. كان كل من «كورتيس» و«فان مانن» يرصد شيئاً على حدود المشاهدة القصوى. وفي كل من الحالين قد يؤدي أي خطأ تافه في الأجهزة أو في تفكير الراصد، إلى إفساد الرصد كلياً. وهذا صحيح خصوصاً وإن كلاً من الإثنين، كان يرصد شيئاً يتمنى اكتشافه وهو واثق من هذا الاكتشاف. فحتى أنزه العلماء وأكثرهم تزمناً، قد يميل إلى رؤية ما هو غير موجود، إذا كان مدفوعاً بالعاطفة إلى اكتشافه. وبما أن واحداً من الإثنين سوف يكون، وحده، على صواب، فلم تكن هناك أي وسيلة للجزم بكون أي منهما على حق.

كان أحد أبرز علماء الفلك الأميركيين آنذاك «هارلو شاپلي» Harlow Shaply (1885 - 1972)، وهو الذي حدد اتساع مجرتنا (ولو أنه بالغ في تقديره بعض الشيء) وبين أن شمسنا ليست في مركزها بل في أطرافها. قد يكون «شاپلي»، موسّع المجرة، لا يستسيغ فكرة احتواء الكون على عدد كبير من المجرات، التي تجعل مجرتنا تافهة من جديد. ولكن من الصعب وربما غير المنصف، أن نتذرع بدوافع نفسية. كان لدى «شاپلي» مع ذلك أسباب موضوعية لترجيح فكرة المرأة المسلسلة القريبة.

و«شاپلي» صديق حميم وقديم لـ «فان مانن»، وشديد الإعجاب بأعماله الفلكية. فمن الطبيعي إذن، أن يتقبّل مشاهدات «فان مانن» حول دوران سديم المرأة المسلسلة. وكذلك فعل علماء الفلك في معظمهم، وهكذا وجد

«كورتيس» نفسه مع الأقلية.

وفي 26 نيسان/أبريل 1920، جرت مناظرة علنية شاملة بين «كورتيس» و«شاپلي» حول الموضوع، أمام قاعة حافلة في الأكاديمية الوطنية للعلوم. وبما أن «شاپلي» كان أشهر من مناظره، فقد اعتقد علماء الفلك الحاضرون، أنه لن يجد صعوبة في إثبات نظريته.

إلا أن «كورتيس» كان محاوراً بارعاً أكثر من المتوقع، فتبين أن مستعراته، في إعتامها وأعدادها، كانت حجة قوية مذهلة.

موضوعياً، كان من الممكن اعتبار المناظرة معلقة أو متساوية. إلا أن عدم انهزام «كورتيس»، ومقاومته الصلبة للبطل، اعتبرت بمثابة انتصار معنوي له. وتنامى شعور بالنتيجة بأن «كورتيس» ربح المناظرة.

وبالفعل، فقد استمال عدداً من علماء الفلك إلى فكرة «السدم البعيدة»، إلا أن المواضيع العلمية لا تحلّ بمجرد تفوق في المناظرة. فلا مشاهدات «كورتيس»، ولا مشاهدات «فان مانن» كانت حاسمة بحيث تضع حداً للجدل. كان لا بد من شيء آخر: برهان جديد أفضل.

أما الذي قدّم هذا البرهان، فهو العالم الفلكي الأميركي «إدوين هابل» هابل، Edwin Powell Hubble (1889 - 1953). كان في تصرفه مقراب عملاق جديد، ذو مرآة بقطر 100 إنش (2.5 متر) وهو المقراب الأبعد مدى في العالم حتى ذلك الحين. وُضِعَ قيد الاستعمال سنة 1919، وفي العام 1922، أخذ «هابل» يستخدمه في أخذ صور مطوّلة التعريض لسديم المرأة المسلسلة.

في 5 تشرين الأول/أكتوبر 1923، اكتشف في إحدى هذه الصور الفوتوغرافية، نجماً يقع في ضاحية «سديم / م م». لم يكن النجم مستعراً. وتبعه «هابل» يوماً بيوم، فتبين أنه نوع مما يعرف بـ «متغير قيفاوس» الملتهب Cepheid variable. ومع نهاية 1924، كان «هابل» قد اكتشف 36 نجماً متغيراً ومعتماً جداً في السديم، 12 من أصلها «قيفاوية». كما اكتشف 63 مستعراً، أشبه بما اكتشفه «كورتيس» من قبل، مع فارق أن «هابل»، بمقرايه الحديث، تمكن من رؤيتها بشكل أوضح، لا يقبل الخطأ.

لاحظ «هابل» - تماماً كما فعل «كورتيس» - أن كل هذه النجوم الواقعة في اتجاه «سديم / م م»، لا يمكن أن تكون جميعاً في الفضاء الذي يفصلنا عن

السديم، بل يجب أن تكون داخل السديم الذي هو، بالتالي، مجموعة ضخمة من النجوم.

لقد ذهبت مكتشفات «هابل» إلى أبعد من مكتشفات «كورتيس»، وبشكل حاسم. فالنجوم «القيفاوية»، يمكن استخدامها لتحديد المسافات (وهي التقنية التي استخدمها «شاپلي» بمتهى الفعالية، في قياس أبعاد مجرتنا). لقد استخدم «هابل» هذه التقنية بالذات، لنسف موقف «شاپلي» في موضوع سديم المرأة المسلسلة، لأنه تبين من النجوم القيفاوية التي اكتشفها، أن «سديم / م م» قد يكون على بعد 750 000 سنة ضوئية. (في الواقع، قام عالم الفلك الألماني - الأميركي «والتر باد» (Walter Baad) (1893 - 1960) سنة 1942، بتحسين تقنية القياس عن طريق تلك النجوم، فأثبت أن البعد الحقيقي لـ «سديم / م م» هو 2.3 مليون سنة ضوئية).

بهذا، أصبح انتصار فكرة «سديم / م م البعيد» حاسماً. كانت مشاهدات «فان مانن» خاطئة لسبب ما (ربما لخلل في الأجهزة). ولم يشاهد أحد بعد ذلك، أي دوران في سديم المرأة المسلسلة يمكن قياسه. وفي الواقع، فمنذ عهد «هابل» وصاعداً، سميت تلك البنية «مجرة المرأة المسلسلة»، كما سميت السدم الأخرى، «الخارجة عن المجرة»، مجرات.

ولكن بقيت مسألة من دون حل. تذكرون أن المستعر «S - م م» كان القضية المعيقة التي جعلت علماء الفلك في تساؤل حول سديم المرأة المسلسلة. لقد ألقى ذلك المستعر الشك في كون السديم قريباً.

وبعد أن سُويت القضية، وتحدث علماء الفلك عن «مجرة المرأة المسلسلة»، بقي مستعر «S - م م» مصدر حيرة في الاتجاه الآخر. ففي السابق، كان علماء الفلك يتساءلون عن شدة إعتمائه، أما الآن، فهم يتساءلون عن شدة تألقه. . كانت جميع المستعرات المكتشفة في «مجرة المرأة المسلسلة» (أكثر من 100) شديدة الإعتام، في حين كان المستعر «S - م م» يفوقها سطوعاً بملايين المرات - بحيث يرى بالعين المجردة. فلماذا؟

ومرة أخرى، هناك احتمالان: أولهما أن مستعر «S - م م» قد يكون توهج داخل «مجرة المرأة المسلسلة» وكان أسطع بملايين قليلة من المستعرات العادية. ولكن هذا بدا غير معقول، ولم يقتنع به أي عالم فلكي (باستثناء «هابل» الذي كان في قمة شهرته آنذاك).

أما الاحتمال الآخر، فكان الأقرب إلى المعقول، وهو أن مستعر «S - م م» لم يكن جزءاً من «مجرة المرأة المسلسلة»، ولكنه، بمصادفة ليست مستحيلة، يقع في نفس اتجاه تلك المجرة. فلو كان أقرب من المجرة بجزء من الألف، فسوف يبدو بالطبع أكثر سطوعاً بملايين المرات من تلك المستعرات البالغة الإعتام والتي «هي» جزء من «مجرة المرأة المسلسلة». واعتمد معظم علماء الفلك هذه النظرة.

إلا أن حسم نزاع من هذا النوع، لا يكون بتصويت الأكثرية. ومرة أخرى، كان لا بد من إيجاد دليل جديد أفضل، بشكل أو بآخر.

فكر عالم الفلك السويسري «فريتز زويكي» Fritz Zwicky (1898 - 1974) في الموضوع. لنفرض أن «S - م م» كان جزءاً من «مجرة / م م»، وإنه توهج بضوء ساطع يفوق بملايين قليلة من المرات أي مستعر عادي. وبكلمة أخرى، لنفرض أن المستعر «S م م» لم يكن مجرد نجم منفجر، بل كان المتفجر الأعظم أو المستعر (*) الأعظم (حسب التعبير الذي أدخله «زويكي» نفسه).

إذا كان الأمر كذلك، فقد اكتشف مستعر أعظم واحد في «مجرة / م م» و«العديد» من المستعرات العادية. كان هذا معقولاً لأن الأجسام العظيمة الكبر أقل عدداً من الأجسام التي هي عادية نسبياً. وبالتالي، لم يعد هنالك من جدوى في رصد «مجرة / م م» أو أي مجرة أخرى، بحثاً عن مستعر أعظم آخر، إذ قد تنقضي عقود، وربما قرون، قبل اكتشاف واحد منها.

هنالك ملايين من المجرات البعيدة والبعيدة جداً، التي يستحيل اكتشاف المستعرات العادية فيها بأي وسيلة، خلافاً للمستعرات العظمى التي يمكن مشاهدتها. لقد سطع مستعر «S - م م» بقوة تعادل قسماً كبيراً من مجموع الضوء في باقي «مجرة / م م» (مع الافتراض بأنه حقاً جزء من تلك المجرة). فإذا كانت المستعرات العظمى الأخرى على شاكلة مستعر «S - م م»، فسوف تسطع كذلك بضوء مركز يعادل ضوء مجرة كاملة؛ ومهما كانت المجرة بعيدة، فما دامت في حدود الرؤية، سوف يكون بالإمكان مشاهدة أي مستعر أعظم فيها.

وقد يظهر على فترات نادرة، أي مستعر أعظم في مجرة معينة، ولكن قد تظهر في كل سنة مستعرات في هذه المجرة أو تلك. ولهذا، فعلى عالم الفلك

(*) أو «المتجدد الأعظم» supernova

أن يرصد ما يمكنه من مجرات، وأن ينتظر حتى يرى واحداً منها («أي» واحد منها) استطاع ليصبح نجماً متألقاً كما هو، حيث لم يكن موجوداً من قبل.

بدأ «زويكي» سنة 1934، بحثاً منتظماً عن المستعرات العظمى، فركز ارصاده على حشد [ثريا] من المجرات في «برج العذراء» (أو السنبلة) Virgo، وأخذ يراقبها جميعاً. وفي العام 1938، اكتشف وجود 12 مستعراً أعظم في كل من 12 مجرة مختلفة في ذلك الحشد. كان كل مستعر أعظم في أوج سطوعه، بقوة ضوء تعادل مجموع ضوء مجرته، وبلغ كل منها في أوجه، سطوعاً يزيد مليارات المرات عن سطوع شمسنا.

أتكون هذه المشاهدة مخيبة للآمال؟ أيكون «زويكي» قد وقع بمحض المصادفة على اثني عشر مستعراً عادياً، أقرب من المجرات التي تبدو موجودة فيها، ولكنها، بالمصادفة، واقعة في اتجاهاتها بالذات؟

كلا. فهذا غير ممكن. كانت المجرات الإثنتا عشرة، عبارة عن رقاع صغيرة جداً في السماء. وأن نجد 12 مستعراً، يقع كل مستعر منها في نفس اتجاه كل من هذه المجرات بالضبط، فذلك يعني اننا نطلب الكثير حقاً من مفارقات المصادفة. كان الأقرب بكثير إلى العقل، أن نسلم بوجود المستعرات العظمى. إلى ذلك، تم في السنوات اللاحقة، اكتشاف المزيد من المستعرات العظمى الإضافية، على يد «زويكي» وغيره. وهنالك حتى الآن أكثر من 400 مستعر أعظم، اكتشف في مختلف المجرات.

فهل يمكن والحالة هذه، أن بعض المستعرات التي شوهدت في مجرتنا، هي مستعرات عظمى؟ أجل، بالتأكيد. فمن غير المحتمل وجود مستعر عادي قريباً منا إلى درجة أن يفوق بضوئه ضوء الكواكب. ولكن المستعر الأعظم قد يفعل، حتى ولو كان بعيداً جداً.

وهكذا، فالمستعرات الساطعة حقاً التي وصفت في الفصل 11 لا بد وأنها مستعرات عظمى. وهذا يشمل مستعر العام 1054، ومستعر «تيكو» للعام 1572، ومستعر «كبلر» للعام 1604.

كان مستعر 1604، آخر ما شوهد من المستعرات العظمى في مجرتنا. فمنذ تطوير المقراب البصري، والمطياف (منظار التحليل الطيفي) وكاميرا التصوير، والمقرب (التلسكوب) الراديوي، والصواريخ، لم يُشاهد في مجرتنا «أي» مستعر أعظم. (قد يكون ثمة مستعرات عظمى ظهرت في الطرف الآخر

من المجرة، حيث تحجبها الغيوم الكمداء القاتمة التي تفصلنا عن مركز المجرة).

وفي الواقع، منذ العام 1604، كان أقرب مستعر أعظم اكتشف، هو مستعر المرأة المسلسلة (S - م م) وذلك قبل قرن من الآن، وهو يبعد حوالي 2.3 مليون سنة ضوئية.

وفي حين لا يتمنى عاقل أن ينفجر مستعر أعظم بجوار الأرض، فقد نبقى في أمان إذا ما انفجر واحد على بعد ألفي سنة ضوئية منا. وفي هذه الحال، سوف تتوفر لعلماء الفلك فرصة لدراسة انفجار مستعر أعظم، مع فيض من التفاصيل، وهو أمر يتمنونه بشغف كبير.

وعلماء الفلك بالتالي ينتظرون مثل هذا الحدث، ولكن كل ما يمكنهم عمله، هو الانتظار - وهم يحرقون عليهم الأرم، على ما أتصور..

[ملاحظة: بعد مرور أقل من شهر على كتابة هذا المقال، ظهر مستعر أعظم، لا في مجرتنا، بل في أقرب جار لنا، وهو «سحابتا ماجلان». وكان علماء الفلك في غاية السعادة لوجود مستعر أعظم لا يبعد سوى 150 000 سنة ضوئية].

الوسط المسدود

مساء أمس، جلست إلى البيانو، وأخذت أنقر بعض الأنغام بيد واحدة. لم يكن لدي بيانو قبل الخمسينات. ولكن حتى في ذلك التاريخ المتأخر، كنت أذكر تماماً ما تعلمته في المرحلة الرابعة عن سلم الموسيقى (الخطوط الأفقية التي تُدَوَّن عليها النغمات)، والأنغام الموسيقية، حادّها وخفيضّها. وانطلاقاً من هذا، أخذت منذ أصبح لديّ بيانو، أنقر ألحاناً مألوفة (لي إذن موسيقية)، وأقارنها مع علامات الموسيقى. وبهذه الطريقة علّمت نفسي قراءة الموسيقى - بطريقة بدائية للغاية.

هكذا، كنت ليلة أمس، أستمع إليّ وأنا أعزف «بيتي القديم في كنتاكي»، و«الكبار في بيوتهم» وبعض الأغنيات الخفيفة الأخرى، «من دون» العلامات الموسيقية. تنهدت وقلت لزوجتي العزيزة جانيت: «آه لو كنت أملك بيانو في صغري، حيث كان لدي الوقت في التلهي عليه، لكنت استمررت في التخطّط، وصولاً إلى عزف أنغام متألّفة، وصياغة ألحان معقولة بالسمع. وكان لا بد من صديق يساعدني على تصحيح الأنغام الناشزة، بحيث يصبح في مقدوري وأنا راشد، أن أعزف بشكل يكفي لأن أطرب نفسي، ولو أنه ليس في المستوى الرفيع بالمعنى المطلق».

فوافقتني جانب بحرارة كما تفعل دائماً (وهي التي تعلمت العزف على البيانو في صغرها، فأصبحت تجيده بما يكفي لأن تطرب نفسها).
غير أنني حينذاك، نظرت إلى الجانب المشرق، لأنني أكره التأسف على نفسي. قلت: «بالطبع، كان معنى ذلك إضاعة الكثير من وقتي، وبالتالي إتلاف جزء كبير من حياتي».

وهذا ما كانت جانب تدركه جيداً، إذ عرفت منذ زمن طويل، إنني أعتبر كل لحظة تبعدني عن آلي الكاتبة، وقتاً مضاعاً (ولكن باستثناء الوقت الذي أقضيه معها دائماً - إذا لم يكن مفرطاً).
وأراني الآن أعوِّض عن الوقت الذي أضعته بالأمس على البيانو، بالكتابة عن تلك اللحظة. وتفادياً لإضاعة المزيد من الوقت، سأستمر في الكتابة - ولو عن شيء آخر.

نعرف جميعاً أن بإمكاننا الحصول على الطاقة من النوى الذرية، إذا ما شطرنها إلى أجزاء أصغر (الانشطار النووي)، أو إذا ما سحقناها معاً لتكوين أجزاء أكبر (الاندماج النووي).

وقد يتصور أحد بالتالي أن بالإمكان الحصول على مقادير لا متناهية من الطاقة عن طريق التناوب في شطر النوى، ثم دمجها معاً، وتكرار ذلك مرة بعد مرة. ولكن لسوء الحظ، لقد استبقت الطبيعة الضغنة هذا المخطط، فأصدرت قوانين الدينامية الحرارية ضده.

يمكن بالطبع شطر النوى الثقيلة لإنتاج الطاقة، ولكن لا يمكن إعادة دمج نتاج الانشطار من جديد، وإرجاعه إلى النوى الأولى، من دون أن نفق مقداراً إضافياً من الطاقة، يعادل على الأقل، ما نتج منها عن الانشطار.

وهكذا إذا نظرنا إلى التغيرات التلقائية في الكون، نرى أن ثمة ميلاً لدى النوى الثقيلة نحو الانشطار fission، وميلاً لدى النوى الخفيفة نحو الاندماج fusion. ويكون التغير في الحالين باتجاه واحد.

فالنوى الثقيلة تولد الطاقة مع تحولها إلى نوى خفيفة تدريجياً، كما أن النوى الخفيفة تولد الطاقة مع تحولها التدريجي إلى نوى ثقيلة. وفي كل من الحالين، تتولد نوى ذات طاقة أقل من سابقتها. وفي كل من الحالين، يعني هذا أن الجسيمات التي تكوّن نوى التناج، هي في المتوسط أصغر كتلة من تلك

التي تؤلف النوى الأولى .

فإذا تخيلنا هذه العملية من النوى الثقيلة إلى النوى الخفيفة، ثم من النوى الخفيفة إلى النوى الثقيلة، نرى أنه لا بد لنا من المرور بنواة وسطية بين بين، ذات حد أدنى من الطاقة، وحد أدنى من متوسط كتلة جسيماتها. هذه النواة الوسطى، لا يمكنها توليد أي طاقة في تحولها نحو الأصغر أو نحو الأكبر، ولا يمكنها أن تمر بأي تغيرات نووية تلقائية.

هذا الوسط المسدود، يتمثل في نواة الحديد - 56، المؤلفة من 26 بروتوناً و 30 نيوترونًا.

ولنجرب بعض الأرقام -

إن الجسيم الواحد لنواة الهيدروجين - 1، ذو كتلة تساوي 1. 00797. والجسيمات الإثنتا عشرة (12) لنواة الكربون - 12، هي ذات كتلة في المتوسط، تبلغ 1. 00000 (وهذا المتوسط هو الذي يحدد الوحدة النووية للكتلة). والجسيمات الست عشرة (16) لنواة الأكسجين - 16، هي ذات كتلة 0. 99968 في المتوسط. والجسيمات الست والخمسون 56 لنواة الحديد - 56، هي ذات كتلة 0. 99884 في المتوسط (هذه فوارق ضئيلة في الكتلة، ولكن حتى خسارة جزء يسير من الكتلة، تعادل ربحاً ضخماً نسبياً في الطاقة).

وإذا نظرنا من الطرف الآخر، نرى أن الجسيمات البالغ عددها 238 لنواة اليورانيوم، هي ذات كتلة 1. 00021 في المتوسط، وجسيمات الذهب البالغ عددها 197 هي ذات كتلة متوسطة تبلغ 0. 99983؛ وجسيمات الفضة البالغ عددها 107 (للفضة - 107) ذات كتلة 0. 99910. وهكذا نرى أن النوى تسير في الاتجاهين نحو الحديد - 56، باعتباره الأقل كتلة في الجسيم النووي، وبالتالي يحوي الأقل من الطاقة ويبقى الأكثر ثباتاً أو استقراراً.

إن التغيرات النووية السائدة في كوننا هذا، هي ذات طابع اندماجي. فبعد اللحظات الأولى من الانفجار العظيم، كان الكون مؤلفاً من الهيدروجين والهيليوم، (أي من نوى صغيرة جداً) ولا شيء آخر. وكان تاريخ الكون بأكمله، طوال الخمسة عشر مليار سنة منذ الانفجار العظيم، عبارة عن اندماج هذه النوى الصغيرة في نوى أكبر منها.

خلال هذه العملية، تألف مقدار كبير من النوى الأثقل، بنسب عددية

متفاوتة (وفقاً لمعدل مختلف تفاعلات الانصهار)، بما فيها كمية من الحديد أكبر بكثير من باقي العناصر ذات الكتل النووية المتقاربة. وهكذا يعتقد بأن قلب الأرض مؤلف من الحديد بشكل رئيسي - وقد يكون هذا صحيحاً بالنسبة إلى الزهرة وعطارد. والعديد من الرجم (الأحجار النيزكية) هو حديد في 90% منه. كل هذا، لأن الحديد هو الوسط المسدود.

وبالتأكيد، تألفت كذلك نوى العناصر الأكبر كتلة من الحديد، لأنها موجودة. ثمة شروط يجري فيها الاندماج النووي من هيدروجين إلى حديد بسرعة انفجارية هائلة بحيث لا يجد جزء من الطاقة وقتاً كافياً للإفلات، فتمتصه ذرات الحديد، وترتفع في سلم الطاقة إذا صح التعبير، لتصبح نوى بكتلة اليورانيوم أو حتى تتجاوزها.

هذه النوى الأثقل، تتواجد بكميات ضئيلة في الكون ككل. فخلال الخمسة عشر مليار سنة من عمر الكون، لم ينصهر في الواقع سوى جزء يسير جداً من مادة الكون الأولية، إلى نوى الحديد، بل وإلى أقل منه. فمن مجموع النوى التي تؤلف الكون، لا يزال 90% هيدروجين، و9% هيليوم. وكل المتبقي الذي تكوّن بالاندماج، لا يشكل سوى 1% من المجموع أو دون ذلك. فلماذا؟

لأن عملية الاندماج لا تحدث بسهولة. فلكي تندمج نواتان، يجب أن تصادما بقوة هائلة - إلا أن النوى محمية بغلاف من الإلكترونات في الحالات العادية. ولكن حتى ولو نزعنا الإلكترونات، فإن النوى المعرّاة هي جميعاً ذات شحنة موجبة، وبالتالي فإنها تطرد بعضها بعضاً.

لكي تجري عملية الاندماج إذن، يجب أن توضع كتلة من الهيدروجين تحت ضغط وحرارة هائلين، وهي شروط قصوى لا تتوفر إلا في أماكن مثل قلب النجوم.

ولا بدّ من ضخّ طاقة ضخمة في ذرات الهيدروجين، للتخلص من الإلكترونات ولسحق النوى العارية (البروتونات الفردية) بعضها ببعض، رغم القوة الطاردة في شحناتها المتماثلة. فكيف، والحالة هذه، يمكننا التحدث عن الاندماج وكمية «تلقائية»، ما دام حصولها يتطلب هذا المقدار من الطاقة؟ ذلك لأن هذه الطاقة هي «طاقة تنشيط» (أو تفعيل)، أي ما يصلح لانطلاق العملية. فبعد أن تبدأ عملية الاندماج، تتحرر كميات كبيرة من الطاقة، تكفي

لاستمرارها، حتى مع أن معظم هذه الطاقة يشعّ نحو الخارج. وهكذا، فالاندماج يُولّد من الطاقة أكثر «بكثير» من القدر القليل الذي يتطلبه ابتداؤها، بحيث يكون الاندماج ككل، تفاعلاً تلقائياً يولد الطاقة. وإذا كان هذا يبدو مشوشاً، فلنتأمل عود الثقب الاحتكاكي. فإذا تُرك لذاته في حرارة الغرفة، فلن يُولّد أي طاقة. أما إذا حككناه على سطح خشن، فإن حرارة الاحتكاك ترفع حرارته إلى الدرجة التي يبدأ معها رأس العود بالاشتعال. وحرارة النار هذه، ترفع حرارة المواد المحيطة إلى درجة احتراقها. ويمكن أن يستمر هذا إلى ما لا نهاية، بحيث أن عود الثقب، عندما يبدأ بالاشتعال، قد يُولّد حريقاً في غابة لا حدود لها.

وحتى في مركز النجم، تجري عملية الاندماج بهدوء وببطء نسبياً. فشمسنا ما زالت في اندماج منذ حوالي خمسة مليارات سنة، مع القليل من التغيّر الخارجي. وهي سوف تبقى على هذا، لفترة خمسة مليارات سنة أخرى. على الأقل.

وما دامت شمسنا تصهر الهيدروجين إلى هليوم، فهي في «سلسلة التعاقب الرئيسية». وهذا يدوم وقتاً طويلاً، لأن اندماج الهيدروجين إلى هليوم يُولّد مقداراً هائلاً من الطاقة.

خلال كل هذه المليارات من السنين في سلسلة التعاقب الرئيسية، يتولد المزيد والمزيد من الهليوم في قلب الشمس، فتزداد كتلته ببطء شديد؛ ويزداد معه حقل الجاذبية المتراكم في قلب الشمس فيضغطه أكثر فأكثر، رافعاً من حرارته وضغطه إلى مستوى يكفي لتوليد طاقة التنشيط التي تصهر نوى الهليوم كذلك إلى نوى أكبر كتلة.

عندما يبدأ اندماج الهليوم، يصبح المتبقي من عملية الاندماج قصيراً نسبياً، لأن سائر عمليات الاندماج إلى ما بعد الهليوم، لا تولّد سوى خمس (1/5) الطاقة التي يولدها الاندماج الأولي هيدروجين-هليوم. والأكثر من ذلك أن النجم، مع اندماج الهليوم، يأخذ في تغيير مظهره بشكل عنيف، فيقال إنه «تخطى السلسلة الرئيسية». ولأسباب مختلفة، يتمدد بقوة، ومع التمدد، يبرد سطحه (دون قلبه) ويحمر، ويتحوّل النجم إلى «عملاق أحمر»، ويصبح عمره آنذاك قصيراً، كنجم في حالة اندماج.

إن نجماً ذا كتلة تقارب كتلة شمسنا، سوف تبلغ عملية اندماجه الحد الذي يتكون معه قلبه - في معظمه - من نوى كالكربون والأكسجين والنيون. ولكي نجعل هذه النوى تنصهر بدورها، لا بد من بلوغ درجة حرارة وضغط، لا قدرة لجاذبية النجم وقلبه على توليدهما.

بالتالي، يعجز النجم عن توليد طاقة الاندماج عند هذه النقطة كي يحافظ على تمدده ضد جاذبيته الخاصة التي تشده بلا هواة نحو الداخل، فيبدأ بالانكماش. ويرفع الانكماش من مستوى الضغط والحرارة في المناطق الخارجية من النجم، والمؤلفة في معظمها من هيدروجين وهليوم، فتندمج بسرعة وتنفذ بعيداً في غيوم من البخار المتوهج. إلا أن معظم النجم ينخسف، ليصبح قرماً أبيض مكوناً - بشكل شبه كلي - من الكربون والأكسجين والنيون، من دون أي هيدروجين أو هليوم.

والأقزام البيضاء، هي أجرام مستقرة، لا تندمج، بل ترشح طاقتها ببطء، فتبرد وتعمت تدريجياً على المدى الطويل، إلى أن تتوقف أخيراً عن بث الضوء المرئي نهائياً، لتصبح «أقزاماً سوداء». وهذه العملية هي من البطء بحيث لم يتسن بعد لأي قزم أبيض، في تاريخ الكون بكامله، أن يبرد ويتحول إلى قزم أسود.

ولكن ماذا لو كان النجم أكبر بكثير من شمسنا، بثلاثة أو أربعة، أو حتى بعشرين أو ثلاثين ضعفاً، مثلاً؟

كلما عظمت كتلة نجم ما، اشتدت قوة حقل جاذبيته وكذلك قوة ضغطه على جوفه الداخلي. وقد تبلغ حرارة قلبه وانضغاطه درجة أكبر بكثير مما قد يبلغانه في شمسنا، فيندمج عندها الكربون والأكسجين والنيون، إلى سليكون وكبريت وأرغون، وصولاً إلى الحديد.

ولكن عند الحديد، تتوقف العملية نهائياً، لأن الحديد لا يندمج ولا ينشطر تلقائياً. ويتضاءل توليد الطاقة في قلب النجم، فيأخذ في الانخساف. ويكون هذا الانخساف أسرع بكثير تحت وطأة جاذبية نجم عملاق، منه في نجم عادي، كما تكون كمية الهيدروجين والهليوم المتبقية أكبر بكثير في النجم العملاق. وينفجر معظم الهيدروجين والهليوم في فترة قصيرة نسبياً، فيسطع النجم لأيام أو أسابيع قليلة، بقوة تالق أشد بمليار مرة من تالق نجم عادي.

ونسمي النتيجة هذه: «المستعر الأعظم» supernova.

يقذف الانفجار العارم للمستعر الأعظم بنوى من كل الأحجام في الفضاء بين النجوم. بعض هذه النوى أكبر كتلة حتى من الحديد، لأن الطاقة المتولدة هي من القوة بحيث تقذف بعيداً ما يصادفها من نوى الحديد.

ينشر المستعر الأعظم كميات من النوى الثقيلة عبر الغيوم الفضائية التي تتكون في البداية من هيدروجين وهليوم فقط. والنجم الذي يتكوّن من غيوم تحتوي على مثل هذه النوى الثقيلة (كشمسنا مثلاً) يدمجها في بنيتها الخاصة. كما تجد هذه النوى طريقها إلى كواكب النجوم المشابهة، وإلى أشكال الحياة التي تنمو على تلك الكواكب.

إلا أن قلب المستعر الأعظم المنفجر، الذي يضم معظم الحديد وغيره من النوى الثقيلة، ينكمش إلى نجم نيوتروني صغير، أو حتى إلى ثقب أسود أصغر منه. وهكذا يبقى القسم الأكبر من النوى الثقيلة في مكانه ولا يفلت إلى الفضاء الخارجي. وقد نتساءل عندها، ما إذا كان مثل تلك المستعرات العظمى، هو مصدر كميات النوى الثقيلة التي نجدها في الكون عموماً. بيد أن نوع المستعر الأعظم الذي وصفت، ليس النوع الوحيد.

خلال نصف القرن الأخير، تمت دراسة نحو من 400 مستعر أعظم (جميعها في مجرات أخرى، إذ لم يرصد أي مستعر أعظم في مجرتنا منذ العام 1604 - لسوء طالع علماء الفلك!) ويمكن تقسيم هذه المستعرات العظمى إلى فئتين، تسميان النموذج I والنموذج II.

يميل النموذج I إلى كونه أشد سطوعاً من النموذج II. ففي حين قد يبلغ النموذج II سطوعاً يعادل مليار مرة سطوع شمسنا، يبلغ سطوع النموذج I، 2.5 مليار مرة سطوع الشمس.

ولو كان هذا هو الفارق الوحيد، لافترضنا أن النجوم العملاقة انفجرت لتصبح مستعرات عظمى من النموذج I، وأن النجوم الأصغر حجماً، انفجرت لتصبح مستعرات عظمى من النموذج II. ويبدو هذا من الواضح بحيث يغري بعدم المضي في البحث إلى أبعد من ذلك. ولكن ثمة فوارق أخرى، تقلب هذه الخلاصة.

على سبيل المثال، غالباً ما يتواجد النموذج II الأعم، في أذرعة المجرات اللولبية، حيث نجد بالفعل مركّزات كبيرة من الغازات والغبار، وكذلك

النجوم الضخمة ذات الكتلة الكبيرة.

أما المستعرات العظمى النموذج I، الأكثر سطوعاً، فمع انها تكون أحياناً في أذرعة المجرات اللولبية، قد تتواجد كذلك في المناطق المركزية من تلك المجرات، كما في المجرات الإهليلجية، حيث القليل من الغبار والغاز. في مثل هذه المناطق الخالية من الغاز والغبار، تتكون في العادة نجوم من حجم معتدل عموماً. ومن مواقعها، يبدو أن المستعرات العظمى النموذج II هي التي تتكوّن من انفجار نجوم عملاقة، في حين أن المستعرات العظمى النموذج I تتكون من انفجار نجوم أصغر حجماً.

ثمة فارق ثالث أيضاً، وهو أن المستعرات العظمى نموذج I، بعد تخطيها الأوج، يأخذ سطوعها في التضاؤل على نحو منتظم، في حين يتضاءل سطوع المستعرات الكبرى نموذج II بشكل غير منتظم. وهنا أيضاً قد نتوقع أن يكون سلوك النجوم الصغيرة معتدلاً أكثر من سلوك النجوم الكبيرة. فالانفجار الأكبر لنجم عملاق، يُتوقع له تاريخ أكثر فوضوية، مع انفجارات ثانوية وغير ذلك.

من قضية الموقع ونمط التضاؤل في السطوع، يمكن أن نتوقع بأن المستعرات العظمى نموذج I، تنتج عن نجوم أصغر مما في حال المستعرات العظمى نموذج II. ولكن في هذه الحال، لماذا تكون المستعرات العظمى نموذج I أكثر سطوعاً بـ 2.5 مرة من المستعرات العظمى نموذج II؟

وثمة نقطة أخرى. فالنجوم الصغيرة أكثر عديداً على العموم من النجوم الكبيرة. ويحتمل بالتالي أن يكون عدد المستعرات العظمى نموذج I إذا نشأت في نجوم صغيرة، أكبر من عدد المستعرات العظمى نموذج II، ربما بعشرة أضعاف. ولكن الأمر ليس كذلك! فالنموذجان متساويان على وجه التقريب.

من طيفي النموذجين للمستعرات العظمى، يبرز حلّ محتمل، لأن نتائجهما شديدة التباين. ففي طيف النموذج II، خطوط بينة للهيدروجين، وهو ما يُتوقع لنجم عملاق. فحتى ولو كان قلبه يغطّ بالحديد، فإن مناطقه الخارجية تبقى غنية بالهيدروجين الذي يولّد اندماجه الطاقة التي تبقى على سطوعه الضوئي.

أما طيف النموذج I، فلا أثر للهيدروجين فيه، بل عناصر مثل الكربون والأكسجين والنيون فقط. وهذا هو تكوين الأقزام البيضاء!

فهل يكون المستعر الأعظم نموذج I عبارة عن قزم أبيض منفجر؟ في هذه

الحال، لماذا يكون عدد المستعرات العظمى I قليلاً؟ هل لأن الأقلية فقط من الأقزام البيضاء تنفجر، فيتضاءل عدد النموذج I إلى ما دون عدد النموذج II؟ ولماذا لا ينفجر إلا الأقلية؟ بل ولماذا تنفجر أصلاً؟ ألم أقل سابقاً في هذا المقال أن الأقزام البيضاء مستقرة غاية الاستقرار وأن سطوعها يتضاءل ببطء شديد على مدى مليارات السنين، ومن دون أي تغيير آخر؟

لقد برز حل مثل هذه المسائل من النظرة إلى المستعرات (وليس المستعرات العظمى، بل مجرد مستعرات تسطع بقوة لا تتعدى 100 000 أو 150 000 مرة سطوع الشمس).

هذه المستعرات أكبر عدداً من المستعرات العظمى، ولا يمكن أن تمثل انفجاراً ضخماً للنجوم، وإلا، لكانت عمالقة حمراء قبل الانفجار، وأشد سطوعاً بكثير في قمة الانفجار، ثم لكانت تتلاشى في الحال كلياً إثر ذلك. ولكنها تبدو كنجوم عادية في سلسلة التعاقب الرئيسية، قبل وبعد سطوعها المعتدل، ربما مع تغير طفيف نتيجة لذلك، فيما لو حصل. وفي الواقع، يمكن لنجم خاص أن يتحول إلى مستعر مرة بعد مرة.

ولكن في العام 1954، لاحظ عالم فلك أميركي، «ميرل ف. ووكر» Merle F. Walker أن نجماً معيناً سُمي آخر الأمر «DQ الجاثي» D Q Hercules مرّ في طور المستعر سنة 1934، كان في الحقيقة نجماً ثنائياً، مؤلفاً من نجمين متقاربين إلى حد التلامس تقريباً.

لم يُدخَر أي مجهود لدراسة كل من النجمين بمفرده. كان الأسطع بينهما، نجمٌ في سلسلة التعاقب الرئيسية، أما النجم الأعتَم، فقزم أبيض! وإلى أن تم تحديد ذلك، تبين أن عدداً من النجوم التي مرت في تاريخها بطور المستعر، كانت نجومًا مزدوجة متقاربة، وفي كل من الحالات، أحدهما قزم أبيض.

وقرر علماء الفلك على الفور، أن القزم الأبيض من بين الإثنين هو الذي مر بطور المستعر، والذي يشاهد عادة هو ذو سلسلة التعاقب الرئيسية، وهو لم يمر بتغيرات تذكر، مما يفسر لماذا يبدو المستعر هو نفسه، قبل سطوعه وبعده. أما القزم الأبيض، «فلم» يرصد عادة، وضاع كل فحوى المستعر.

ولكن لا أكثر. فسرعان ما اقتنع علماء الفلك بأن الذي حصل هو التالي: نبدأ بنجمين في سلسلة التعاقب الرئيسية، يشكلان شطري زوج متقارب. وكلما

كان النجم كبيراً، يكون أسرع استنفاداً للهيدروجين في قلبه، وبالتالي فالنجم الأكبر كتلة هو الأسبق إلى التمدد في عملاق أحمر. ويرشح بعض من مواده الممتدة نحو رفيقه الأصغر كتلة والذي هو بعد في سلسلة التعاقب الرئيسية، وبالتالي تقصر حياته تبعياً. وأخيراً، ينخسف العملاق الأحمر إلى قزم أبيض.

وبعد ذلك، يأخذ النجم الآخر ذو السلسلة الرئيسية في التعاقب، الذي تقاصر عمره، في التمدد إلى عملاق أحمر، ويصبح كبيراً بحيث يرشح قسم من مادته إلى جوار القزم الأبيض، ويتلولب في مدار (أو «قرص التنامي» accretion disk) حول القزم الأبيض. وعندما يجتمع من الغاز ما يكفي في قرص التنامي، ينهار القرص وينسكب على سطح القزم الأبيض.

والكتلة التي تقع على سطح قزم أبيض، تتصرف خلافاً لتلك التي تقع على سطح نجم عادي، إذ إن قوة جاذبية القزم الأبيض على سطحه، أكبر بالآلاف المرات من قوة الجاذبية على سطح نجم عادي. ففي حين تنضم المادة التي يلتقطها النجم العادي، بهدوء إلى كتلته، تنضغط المادة التي يلتقطها القزم الأبيض، تحت وطأة جاذبية سطحه الشديدة. فتندمج.

وعندما ينهار قرص التنامي، يندفع مقدار من الضوء والطاقة فجأة، فيسطع النظام الثنائي بقوة 100 000 مرة أو نحو ذلك. وبالطبع، قد يتكرر هذا مرة بعد أخرى، وفي كل مرة يصبح القزم الأبيض مستعراً، وتترايد كتلته.

إلا أن كتلة القزم الأبيض لا يمكن أن تزيد عن 1.44 مرة كتلة الشمس. لقد أثبت هذا عالم الفلك الهندي المولد «سوبرا همانيان تشاندراسيخار» Sub-rahmanyam Chandrasekhar سنة 1931، وتسمى هذه الكتلة «حدود تشاندراسيخار» (نال «شاندراسيخار جائزة نوبل في الفيزياء، بعد انتظار طويل - سنة 1983 - على ذلك!).

يحول دون المزيد من انكماش القزم الأبيض، مقاومة الإلكترونات للانكماش، ولكن عندما يتخطى القزم الأبيض حدود «شاندراسيخار»، تصبح الجاذبية من القوة بحيث تبعر الإلكترونات، ويبدأ الانكماش بالفعل.

ينكمش القزم الأبيض بسرعة كارثية، فتتصهر جميع نوى الكربون والأكسجين والنيون التي يتكون منها، وتشطر الطاقة المتولدة النجم «كلياً» فلا تخلف وراءها سوى حطام غازية وغبارية. ولهذا السبب، فإن المستعرات العظمى نموذج I الناتجة في نجوم أصغر كتلة، تكون أسطع من المستعرات

العظمى نموذج II، الناتجة في نجوم ذات كتلة أكبر بكثير. كما أن انفجار القزم الأبيض كامل، وليس جزئياً، وهو أسرع بكثير من انفجار نجم عملاق. أما سبب قلة عدد المستعرات العظمى نموذج I نسبياً، فهو أن الأقزام البيضاء لا تنفجر كلها. فالأقزام البيضاء التي تكون نجومًا منفردة أو بعيدة عن رفاقها (كالقزم الأبيض «الشعري اليمانية - B» Sirius - B، البعيد عن رفيقه «الشعري اليمانية - A» Sirius - A ذي السلسلة التعااقية الرئيسية) بعيدة الاحتمال أو معدومته، في كسب مزيد من الطاقة يجعلها تتخطى حدود «تشاندراسيخار».

وهكذا تم تفسير العديد من الفوارق بين خصائص نموذجي المستعرات العظمى - باستثناء فارق واحد ما زال محيراً: لماذا تُعَيَّم المستعرات العظمى نموذج I على نحو منتظم، في حين لا ينتظم إعتام المستعرات العظمى نموذج II؟

في حزيران/يونيه 1983، ثار مستعر أعظم نموذج I، في المجرة القريبة نسبياً، «M - 83»، وكان ساطعاً بشكل لافت. وفي سنة 1984، اكتشف عالم فلكي إسمه «جايمس ر. غراهام» James R. Graham، آثاراً باهتة من الحديد في حطام ذلك المستعر الأعظم. كانت تلك، أول إشارة إلى أن الاندماج في مثل هذا النموذج I من المستعرات العظمى، يتجه باستمرار نحو الحديد.

وبدا لـ «غراهام» أن المستعر الأعظم نموذج I قد لا يكون مرئياً على الإطلاق. فإذا كان يندمج أبداً إلى حديد، فسوف يتضاعف قطره الأولي مئات آلاف المرات وبسرعة فائقة، فيبرد معظم مادته في هذه العملية، بحيث لا يعود ييث سوى القليل جداً من الضوء. ومع ذلك، فقد وقع الاندماج، واكتشف الحديد، وكان سطوع شديد.

اعتقد «غراهام» أن ثمة مصدراً ثانياً أشد بطئاً، للطاقة والضوء، غير مجرد الاندماج. واقترح أن المادة في القزم الأبيض لا تندمج إلى الحديد - 56 (بنواة تحتوي على 26 بروتوناً و 30 نيوترونًا) بل إلى كوبالت - 56 (بنواة ذات 27 بروتوناً و 29 نيوترونًا).

ففي حين أن كتلة الجسيمات الستة والخمسين في الحديد - 56 هي - كما سبق أن أشرت في هذا المقال: 0.99884، فإن كتلة الجسيمات الستة

والخمسين في الكوبالت - 56 هي 99977.0. والكمية الزهيدة من الطاقة الإضافية في الكوبالت - 56 هي من الضالة بحيث أن الانحدار من الكوبالت - 56 إلى الحديد - 56 معتدل جداً، مما يسمح للاندماج بالتوقف عند الكوبالت - 56.

ولكن لا يمكن دحض قوانين الدينامية الحرارية جميعاً. فالكوبالت - 56 يتكوّن، ولكنه لا يبقى. إنه نواة مشعة، وكل نواة تطلق آخر الأمر بوزيترونات مع شعاع غاما. وفقدان البوزيترون. يُحوّل البروتون إلى نيوترون، فتصبح كل نواة كوبالت - 56، نواةً أخرى، ينقصها بروتون واحد، وبزيادة نيوترون واحد - أي باختصار، نواة حديد - 56. وهذا التغيّر المشع لكامل محتوى النجم من الكوبالت - 56، هو الذي يولّد طاقة السطوع الذي نشاهد في المستعرات العظمى نموذج I.

هل من دليل لدعم هذا الاقتراح؟

أجل. فمع أن الاندماج العام للنواة من الأكسجين إلى الكوبالت قد لا يستغرق أكثر من ثوان معدودات، نرى أن اضمحلال الكوبالت - 56 أكثر تدرجاً بكثير، إذ يبلغ عمره النصفى 77 يوماً. فإذا كان الاضمحلال الإشعاعي للكوبالت - 56 هو مولّد سطوع المستعرات العظمى نموذج I، فإن هذا السطوع سوف ولا شك، يتضاءل بغاية الانتظام، شأن تضاؤل الإشعاع تماماً. وفي الظاهر، يعتم المستعر الأعظم نموذج I بانتظام ذي عمر نصفى قريب من 77 يوماً، مما يعزّز الاحتمالات حول الكوبالت - 56.

فبالرغم، إذن، من أن نموذجي المستعرات العظمى يطلقان نوى ثقيلة إلى مادة الفضاء الخارجي، فالنوى الأكبر كتلة - كالحديد وما بعده - تبقى في معظمها داخل النجوم النيوترونية المنكمشة والثقوب السوداء الناتجة عن المستعرات العظمى نموذج II، ولكنها تنطلق منتشرة مع كل شيء آخر، بفعل الانفجارات الكلية للمستعرات العظمى نموذج I.

يتبع هذا أن معظم الحديد الذي صار إلى قلب الأرض وصخورها السطحية - أو إلى دمننا نحن أيضاً - كان موجوداً ذات يوم في أقزام بيضاء انفجرت.

نقيض!

[ملاحظة: قد يبدو الفصل الحالي غريباً عن هذا القسم، ولكنه تمهيد ضروري للفصل الذي يليه، والذي هو جزء منه].

أمضيت الأيام القليلة الأخيرة في فيلادلفيا لأحضر دورات الاجتماع السنوي «للجمعية الأميركية لتقدم العلوم»، خصوصاً وإني مشارك في ندوة حول السفر بين النجوم، ولأنه يروق لي بين الحين والآخر، أن أعتمر قبعتي العلمية. في تلك الأثناء، طلب مني حديث لأربع مرات، وفي إحداها، قالت مُحادثتي: «ولكن، ما هي المادة المضادة؟».

ولحسن الحظ، فقد طرحت سؤال زميل طُلبَ منه حديث مثلي، فتركته يقوم هو بمهمة الشرح ورحت أتسلى بالتفكير أين كنت «أنا» قد سمعت بالمادة المضادة للمرة الأولى. كان ذلك، ولا شك، خلال قراءاتي للخيال العلمي.

كتب «جون د. كلارك» John D. Clark في عدد نيسان/إبريل 1937، من مجلة «العلم الخيالي المذهل»، قصة بعنوان «الكوكب السليبي»، تخبّط فيها جرم مؤلف من مادة مضادة، مندفعاً داخل النظام الشمسي، وأخذ يهدد كوكبنا. كان ذلك أول عهدي بالمفهوم.

ثم في آب/أغسطس 1937، وفي المجلة بالذات، كان هناك مقال غير خيالي، بقلم «ر. د. سويشر» R. D. Swisher، عنوانه «ما هي الهوزيترونات؟». ومرة أخرى، تعلمت شيئاً عن المادة المضادة. وهكذا، عندما بدأت في سنة 1939 كتابة قصص عن الربوط robot (أي الإنسان الآلي)، أعطيت «ربوطاتي» أدمغة «هوزيترونية»، كتغير ساحر مبتكر عن «الأدمغة الإلكترونية» المبتذلة والعديمة الإيحاء. ولكن، متى بدأت معرفة المادة المضادة حقاً؟ من أجل هذا، لا بد لنا من العودة إلى العام 1928.

سنة 1928، كان الفيزيائي البريطاني «بول أدريان موريس ديراك» Paul Adrien Maurice Dirac (1902 - 1984) يدرس الإلكترون، أحد اثنين فقط من الجسيمات الدنيا للذرة، كانا معروفين حتى ذلك التاريخ، حيث الثاني كان البروتون.

استخدم «ديراك» ميكانيكا الموجات النسبية، التي وضع رياضياتها الفيزيائي النمساوي «إروين شرودنغر» Erwin Schrodinger (1887 - 1961) قبل ستين من ذلك؛ فوجد أثناء عمله أن طاقة الإلكترون المتحرك قد تكون موجبة أو سالبة. والرقم الموجب كان يمثل الإلكترون العادي طبيعياً، ولكن، في هذه الحال، ماذا يمثل الرقم السالب (المساوي في كل شيء إلا العلامة)؟ كانت الطريقة الأسهل للخروج من ذلك، الافتراض أن العلامة السلبية هي براعة رياضية مصطنعة، لا معنى فيزيائياً لها. إلا أن «ديراك» كان يُفضّل إيجاد معنى، إن استطاع.

لنفرض أن الكون مؤلف من بحر ذي مستويات في الطاقة، حيث جميع المستويات السالبة مملوءة بالإلكترونات، وأن فوق هذا البحر عدداً كبيراً - ولكنه معروف - من الإلكترونات، موزعاً بين مستويات الطاقة الموجبة. فإذا اكتسب أحد الإلكترونات في البحر بعض الطاقة، لسبب أو لآخر، فإنه يندفع خارج البحر، ليستقر في واحد من مستويات الطاقة الموجبة، فيصبح عندها ذلك النوع من الإلكترون العادي الذي طالما أُلّفه العلماء. ولكن في

البحر، يترك رحيل هذا الإلكترون «ثقباً». وهذا الثقب، يتصرف كجسيم ذي خصائص نقيضة لخصائص الإلكترون.

وهكذا، فيما أن للإلكترون شحنة كهربائية فهي تكون قد سُجبت من البحر، ولا بد للثقب المتولد من أن يكون ذا شحنة مضادة في طبيعتها. وبما أن الإلكترون - حسب العرف الذي يرجع في حينه إلى «بنجامن فرانكلن» - هو ذو شحنة كهربائية سالبة، فإن على الثقب أن يتصرف كما لو أنه ذو شحنة كهربائية موجبة.

فإذا تحولت الطاقة إلى الكترون، فإن انتاج هذا الإلكترون يستتبع دوماً الإنتاج المتزامن للثقب، أو «الإلكترون المضاد» «antielectron». (الثقب هو نقيض الإلكترون، والبادئة anti هي من الكلمة اليونانية التي تعني المضاد أو النقيض). كان «ديراك» بهذا، يتنبأ «بإنتاج الأزواج»، أي الإنتاج المتزامن للإلكترون وللإلكترون المضاد، وبدا واضحاً تمام الوضوح انه لا يمكن إنتاج واحد منهما دون الآخر.

ولكن في القسم الذي نحن فيه من الكون، هناك عدد كبير من الإلكترونات، من دون أدنى إشارة تدل على وجود عدد مماثل من الإلكترونات المضادة، فإذا سلمنا بهذا الواقع من دون أن نتحرى المادة عن كذب، نرى من المؤكد، لدى توليد أحد الإلكترونات مع ثقبه المرافق، أن يقع واحد من الإلكترونات العديدة الموجودة، في ذلك الثقب، وخلال وقت قصير جداً.

وهكذا تنبأ «ديراك» بأن الإلكترون المضاد جسم قصير العمر جداً، وهذا هو السبب في أن أحداً لم يصادفه حتى الآن. إلى ذلك، فقد رأى «ديراك» إنه لا يمكن التخلص من إلكترون مضاد، دون التخلص في آنٍ معاً، من إلكترون، والعكس بالعكس، أي بكلمة أخرى، «الفناء المتبادل» mutual annihilation.

في الفناء المتبادل، يجب أن تبث الجسيمات، مرة أخرى، الطاقة التي استهلكت في إنتاج الزوجين. وبالتالي، فإن الفناء المتبادل يجب أن يترافق مع إنتاج إشعاع طاقة، أو مع إنتاج جسيمات أخرى تسير بسرعات عالية، وذات طاقة حركية عالية، أو الإثنين معاً.

وبما أن المعروف آنذاك كان مقتصرأ على جسيمين فقط، فقد حقق «ديراك» أن الإلكترون مشحون سلباً والبروتون مشحون إيجاباً، وتساءل أول الأمر ما إذا كان البروتون بالمصادفة، الكترونأ مضاداً.

ولكن الواضح أن هذا لا يمكن أن يكون. فكتلة البروتون، أولاً، هي أكبر بـ 1836 مرة من كتلة الإلكترون، ولا يبدو من المحتمل أن طرد أحد الإلكترونات خارج مستوى بحر الطاقة السالبة، سوف يولد ثقباً ذا كتلة تعادل 1836 مرة كتلة الجسيم المطرود، بل من المنطق الافتراض أن خصائص الثقب قد تكون مضادة في طابعها لخصائص الجسيم المقتلَع، ولكن لا بد من كونها مساوية لها في الكمية.

وهكذا، فيما أن شحنه الإلكترون الكهربائية سالبة، يجب أن تكون شحنة الإلكترون المضاد الكهربائية موجبة، إلا أن شحنة هذا السالبة، وشحنة ذاك الموجبة، يجب أن تكونا متساويتين. وهنا على الأقل، يملأ البروتون الشروط لأن شحنته الموجبة مساوية تماماً لشحنة الإلكترون السالبة.

ولكن هذا يجب أن ينطبق على الكتلة أيضاً. فقد يكون الإلكترون المضاد من نوع كتلة الإلكترون، أو ربما ذا «كتلة مضادة»، ولكن وبكل الأحوال، لا بد وأن الكتلة أو الكتلة المضادة، مساوية تماماً لكتلة الإلكترون. وللبروتون نوع كتلة الإلكترون بالذات، ولكنه مختلف تماماً في الكمية.

إلى ذلك، فبحسب تفكير «ديراك»، يجب أن يكون عمر الإلكترون المضاد قصيراً وأن يصير في الحال إلى فناء متبادل مع أي إلكترون يصادفه. إلا أن البروتون يبدو في غاية الاستقرار، ولا يميل إطلاقاً نحو أي فناء متبادل مع الإلكترون.

وهكذا انتهى «ديراك» إلى الخلاصة بأن الإلكترون المضاد «ليس»، بروتوناً، بل جسيم ذو كتلة تعادل كتلة الإلكترون مع شحنة موجبة. مع ذلك فإن أحداً لم يُشاهد أيّاً من هذه الإلكترونات المشحونة إيجابياً، بحيث رأى معظم العلماء أن اقتراحات «ديراك» ممتعة، ولكنها غير واقعية. فقد تكون مجرد تخمينات رجل نظري، يُعَلِّق معنىً حرفياً كبيراً على علاقات رياضية. وإلى أن يتحقق بعض المشاهدات الملائمة، كان لا بد من حفظ مفاهيم «ديراك» في ملف تحت عنوان: «مفيد، ولكن...».

عندما كان «ديراك» منهمكاً في بناء نظريته، كان الخلاف الهوميري^(*)

(*) نسبة إلى هوميروس، الشاعر اليوناني القديم - أي أن الخلاف استمر طويلاً - المترجم.

مستفحلاً بين الفيزيائيين حول طبيعة الإشعاعات الكونية. أصرّ أشهرهم، الفيزيائي الأميركي «روبرت أندروز ميليكين» Robert Andrews Millikan (1868 - 1953) على كونها رتلاً من موجات كهربائية مغنطيسية، حتى أنها أقوى وبالتالي أقصر في أطوال موجاتها من إشعاع غاما. وأصرّ آخرون، أشهرهم الفيزيائي الأميركي «آرثر هوللي كومبتون» Arthur Holly Compton (1892 - 1962) على كونها تياراً من الجسيمات الثقيلة السريعة والمشحونة كهربائياً. (لن أترك القارئ معلقاً: لقد انتصر «كومبتون» انتصاراً تاماً وحاسماً). خلال الجدل المحتدم، كان أحد تلامذة «ميليكين» - «كارل ديفيد أندرسون» Carl David Anderson (1905 -) يدرس تفاصيل تفاعل الأشعة الكونية مع جو الأرض. فالأشعة الكونية ذات الطاقة العالية، تصدم نوى الذرات في جو الأرض، وتولّد رشاشاً من الجسيمات دون الذرية، التي لا تقل في طاقتها عن الأشعة الكونية الأولية ذاتها. وبدا من الممكن التفكير، انطلاقاً من الجسيمات الناتجة، في طبيعة الكيان الذي أدى إلى إنتاجها، ثم التقرير ما إذا كان هذا الأخير ذا طبيعة إشعاعية أو جسيمية.

من أجل ذلك، استخدم «أندرسون» غرفة ضبابية محاطة بحقل مغنطيسي بالغ القوة. فالجسيمات التي تخترق الغرفة الضبابية (حيث الغازات فوق المشبعة مع بخار الماء)، تولّد شظايا من ذرات مشحونة (أو «أيونات» ions) تعمل كنوى لتوليد قطرات صغيرة من الماء. وبذلك يكون مرور الجسيمات موسوماً بخط دقيق من القطرات.

أكثر من ذلك، فيما أن الجسيمات المكتشفة بهذه الطريقة، كانت مشحونة كهربائياً، فإن مساراتها (وبالتالي خطوط القطرات) لا بد وأن تنحني بفعل الحقل المغنطيسي. فمسار الجسيم ذي الشحنة الموجبة سوف ينحني باتجاهه، في حين ينحني مسار الجسيم المشحون سلبياً، باتجاه معاكس. وكلما ازدادت سرعة الجسيم وكبرت كتلته، تضاع الانحناء.

والمشكل في هذا، أن الجسيمات الناتجة عن اصطدام الأشعة الكونية بالنوى، كانت كبيرة أو سريعة (أو الإثنين معاً) فلم تنحني بشكل بَيّن. ورأى «أندرسون» أنه لن يستخلص من مساراتها دليلاً يذكر - هذا إن حصل.

عندها، واته الفكرة البارة بوضع لوح من الرصاص كثافته 6 ملم، في مركز الغرفة الضبابية. فالجسيمات التي تصطدم باللوح، تخترقها بفعل طاقتها

العالية، ولكنها تخسر هكذا قسماً لا بأس به من تلك الطاقة، فتخرج بأقل سرعة من السابق، وعندها يكون انحناء مسارها أكثر وضوحاً مما قد يسمح باستنتاج ما.

وفي آب/أغسطس 1932، كان «أندرسون» يدرس صور النتائج التي حصل عليها في الغرفة الضبابية، فاستوقفته إحداها بشكل خاص، إذ أظهرت مساراً منحنياً يشبه تماماً المسارات المنحنية التي ترسمها الإلكترونات السريعة. كان المسار أشد انحناء في جهة اللوحة الرصاصية منه في الجهة الأخرى، فعرف من ذلك أن الدخول كان من جهة الانحناء الأضعف، وبعد اختراق اللوحة الرصاصية، تباطأت السرعة فازداد الانحناء في الجهة الثانية. ولكن لو أن الجسم كان إلكترونات، لوجب أن يكون انحناءه في الاتجاه المعاكس. ومن هذا الانحناء، أدرك «أندرسون» على الفور أنه اكتشف إلكترونات ذات شحنة موجبة - أي الإلكترون المضاد فعلاً.

وبالطبع، وُجدت أمثلة أخرى سريعاً، وتبيّن - كما تنبأ «ديراك» أن الإلكترون المضاد سريع الزوال. فخلال جزء من المليار من الثانية أو ما يقاربه، لا بد له من الالتقاء بإلكترون آخر، فيكون الفناء المتبادل، ويتج عنه شعاعاً غاماً، ينطلقان في اتجاهين متعاكسين.

وعلى الفور، نال «ديراك» جائزة نوبل للفيزياء، سنة 1933، كما نال «أندرسون» جائزة مماثلة سنة 1936.

ثمّة أمر في هذا الاكتشاف، لا يروقي. فالجسيم الجديد، يحسن أن يُسمّى إلكترونات مضاداً - كما كنت إسميه حتى الآن - لأن هذه التسمية تنطبق عليه تماماً بوصفه «الإلكترون النقيض». إلا أن «أندرسون» اعتبره إلكترونات موجباً، وبالتالي، أخذ الأحرف الخمسة الأولى والأحرف الثلاثة الأخيرة من الجملة، فصاغ منها المصطلح «بوزيترون» Positron الذي أصبح إسمه منذ ذلك الحين. بالطبع إذا سُمّي الإلكترون المضاد «بوزيترونات»، يجب أن يُسمّى الإلكترون نفسه «نيغاترونات» negatron. ثم إن اللاحقة «رون» (-ron) ليست اللاحقة التي تُميّز الجسيمات دون الذرية، بل «أون» (-on)، كما في پروتون وميزون وغلون ولبتون وميون وبيون وفوتون وجرافيتون الخ. فإذا أصّرنا على إعطاء الإلكترون المضاد اسماً خاصاً به، فالأحرى أن يكون «بوزيتون» Positron. وفي الواقع، جرت محاولة، عام 1947 لاعتماد هذا الاسم، وتسمية

الإلكترون باسم «نيغاتون» negaton، ولكنها فشلت فشلاً ذريعاً. ومنذ ذلك الحين، اعتُمدت التسمية «الكترون» و«بوزيترون» بشكل نهائي غير قابل للتغير. ولكن العلم مليء بتسميات مغلوطة تمنهاها علماء تحت تأثير نزوة ما. (وهكذا اخترع «مواري جل - مان» Murray Gell - Mann، ذلك الاسم البشع «كوارك» quark للجسيمات الأساسية التي تؤلف البروتونات. لقد اشتقه من قصيدة (Finnegans Wake) ولكن هذا لا يقلل من بشاعته؛ ولعله لا يعرف أن كلمة «كوارك» تعني بالألمانية: قمامة).

عندما يكون لدينا الكترون مضاد، لا يمكن التوقف عنده. فتحليل «ديراك» الرياضي ينطبق مثلاً على البروتونات، تماماً كما ينطبق على الالكترونات. وبالتالي، فإذا كان ثمة الكترون مضاد، فلا بد من وجود «بروتون مضاد». ومع ذلك، فبعد عقدين من اكتشاف الإلكترون المضاد، لم يظهر أي أثر للبروتون المضاد. فلماذا؟

لا سرّ في ذلك. فالكتلة هي شكل بالغ التركيز من أشكال الطاقة. إذ إن إنتاج أو توليد مقدار ضئيل من المادة، يتطلب مقداراً هائلاً من الطاقة. وإذا أردنا توليد عشرة أضعاف كتلة ما، علينا بذل عشرة أضعاف الطاقة، وبالتالي تصبح كمية الطاقة المطلوبة، مانعة.

وما دام البروتون ذا كتلة تعادل 1 836 مرة كتلة الإلكترون (مجمّعة مترابطة في ذلك الحجم الصغير جداً لجسيم دون الذرة)، فإن توليد بروتون مضاد واحد، يستلزم من الطاقة 1 836 مرة ما يستلزمه توليد الكترون مضاد.

تتألف الأشعة الكونية بالتأكيد، من تيارات سريعة لجسيمات ثقيلة ذات طاقات شديدة التفاوت في مراتبها. فبعض من الجسيمات الأسرع - وبالتالي ذات الطاقة الأكبر - له من الطاقة ما يفيض، لتوليد أزواج من البروتونات والبروتونات المضادة. ولهذا السبب، فقد أنفقت سنوات في دراسة أحداث الأشعة الكونية بعناية عبر أنواع مختلفة من مكشاف الجسيمات، أملاً في العثور على أي بروتون مضاد. (ولم لا؟ ما عليك إلا أن تكتشف واحداً منها، وثق بأنك سوف تنال جائزة نوبل!)

ولكن هنالك مشكلة. فكلما ارتفعنا في مرتبة الطاقة، ينخفض عدد جسيمات الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية. فالنسبة المثوية لجسيمات الأشعة

الكونية ذات الطاقة القادرة على توليد زوج بروتون - بروتون مضاد، لا تتعدى جزءاً ضئيلاً من المجموع. أي أن أي بروتون مضاد قد يتكوّن، من بين الخليط الكبير والمعقد من الجسيمات التي يولدها قصف الأشعة الكونية، سوف يضيع في زحمة الجسيمات الأخرى.

أحياناً، يُخَيَّل إلى أحدهم أنه اكتشف بروتوناً مضاداً، فيعلن عنه. إلا أن الدليل لم يكن حاسماً في يوم من الأيام. قد تكون البروتونات المضادة موجودة، ولكن أحداً لا يمكنه الجزم بذلك.

كان المطلوب، مصدر للطاقة من صنع الإنسان، يمكن التحكم به وتحسينه لزيادة احتمالات توليد بروتونات مضادة واكتشافها، أي مُسرّع للجسيمات، أقوى من كل ما صُنِع في الثلاثينات والأربعينات.

وأخيراً، في العام 1954، صُنِع مسرع جسيمات يمكنه توليد الطاقات اللازمة. كان ذاك هو «البيفاترون» Bevatron، في بركلي - كاليفورنيا. وفي سنة 1955، تم إعداد مخطط لإنجاز المهمة، على يد الفيزيائي الإيطالي - الأميركي «أميليو سيغري» Emilio Segrè (1905 -) وزميلة الأميركي «أوين تشامبرلين» Owen Chamberlain (1920 -).

كانت الخطة، أن يُقَصَّف (يُرجم) هدف نحاسي، ببروتونات ذات طاقة هائلة، وهذا يُولّد أزواجاً من البروتونات والبروتونات المضادة، إضافة إلى عدد كبير من الجسيمات دون الذرية، على أن تمرر الجسيمات الناتجة جميعاً، عبر حقل مغنطيسي شديد. فالبروتونات وغيرها من الجسيمات ذات الشحنة الموجبة، تأخذ اتجاهاً معيناً، أما البروتونات المضادة وغيرها من الجسيمات ذات الشحنة السالبة، فتأخذ الاتجاه المعاكس.

حُصِب أن البروتونات المضادة سوف تسير بسرعة وبانحناء معينين. أما باقي الجسيمات ذات الشحنة السالبة، فسوف تكون أبطأ أو أسرع، ولكن بانحناء مختلف. فإذا وُضِع مكشاف في مكان ملائم، وأُعِدَّ ليعمل خلال لحظة معينة فقط (لحظة قصيرة للغاية) من اصطدام البروتونات بالنحاس، يكون المكتشف عند ذاك هو البروتون المضاد دون سواه. بهذه الطريقة، تم «بالفعل» اكتشاف تيارات من البروتونات المضادة.

بالطبع، عند وجود بروتونات مضادة، فإنها لن تلبث أن تصادف البروتونات العديدة التي تحيط بنا في الكون. لقد وجّه «سيغري» و«تشامبرلين» تيار

البروتونات المفترض الذي اكتشفه، نحو قطعة من الزجاج، فجرى عدد لا يحصى من الفناء المتبادل، بين بروتونات التيار المضادة وبين بروتونات الزجاج، وأدّى إلى توليد جسيمات تسطيع السير داخل الزجاج بأسرع من الضوء (سرعة الضوء هي القصوى، ولكن في الفراغ فقط). ومع تخطيها سرعة الضوء، خلّفت تلك الجسيمات وراءها أثراً من ضوء يسمى «إشعاع تشيرينكوف» Cherenkov. كان هذا الإشعاع هو ما ينتج عن الفناء المتبادل بروتونات - بروتونات مضادة. وبأي من الطريقتين - سواء الاكتشاف المباشر للبروتونات المضادة، أو دراسة الإشعاع الناتج عن الإبطال، فقد وجد الدليل الواضح على اكتشاف البروتونات المضادة. وبنتيجة ذلك، تقاسم «سيغري» و«تشمبرلين» جائزة نوبل للفيزياء سنة 1959.

في تلك الأثناء، تم اكتشاف العديد من الجسيمات دون الذرية، إضافة إلى الإلكترون والبروتون. وبعد أن اكتشف البروتون المضاد، أصبح من السهل افتراض وجود نقائص للجسيمات الجديدة كذلك.

وتبيّن أن هذا صحيح. فكل جسيم معروف ذي شحنة كهربائية، له جسيم مقابل ذو شحنة مضادة. هناك «الميونات المضادة» و«البيونات المضادة» و«الهيرونات المضادة»، و«الكواركات المضادة»، الخ. وعُرف كل من هذه الجسيمات المضادة، بوضع البادئة anti [اللاحقة «مضاد» بالعربية]. ولا يشذ عن هذه القاعدة سوى الإلكترون وحده. فهو ما زال يسمى «پوزيترون»، وهذا ولا شك لا يروق لكل من يقدر - مثلي شخصياً - قيمة النظام والأصول في التسمية.

كل الأجسام «المضادة» يمكن تكديسها على أنها «جسيمات مضادة».

ولكن ماذا عن الجسيمات التي «ليس» لها شحنة كهربائية؟

سنة 1932، اكتشف الفيزيائي البريطاني «جايمس تشادويك» James Chadwick (1974 - 1991) «النيوترون» ذا الكتلة التي تزيد شعرة ضئيلة عن كتلة البروتون، ويختلف عنه بكونه غير ذي شحنة كهربائية (نال «تشادويك» على هذا جائزة نوبل في الفيزياء سنة 1935).

تبين أن النيوترون هو ثالث مكونات الذرة الرئيسية، وكذلك المادة الاعتيادية عموماً. فأشهر نظائر الهيدروجين، الهيدروجين - 1، مؤلف من بروتون

وحيد في نواته، ولكن سائر الذرات الأخرى، تتألف نواتها من بروتونات ونيوترونات، وتترافق هذه النوى مع واحد أو أكثر من الإلكترونات في محيط الذرة الخارجي.

لم يكتشف بعد ذلك أي مكوّن رئيسي آخر للذرات، ولا يُتوقع اكتشاف مثل ذلك. فالمادة العادية تتألف من بروتونات ونيوترونات والإلكترونات، ولا شيء آخر إطلاقاً. وكل الجسيمات الأخرى دون الذرية (وهي عديدة) ليست سوى مظاهر غير مستقرة من الطاقة العالية، وإلا إن طال عمرها، تكون موجودة بذاتها، لا كجزء من المادة.

والآن، ماذا عن النيوترون؟ الإلكترون هو ذو شحنة سالبة، في حين أن الإلكترون المضاد، ذو شحنة موجبة. والبروتون ذو شحنة موجبة، أما البروتون المضاد، فذو شحنة سالبة. ولكن النيوترون محايد (لا شحنة له)، فما هو نقيض «اللا شحنة»؟

مع هذا، لم يتمالك الفيزيائيون من التفكير في احتمال وجود نيوترون مضاد أيضاً، حتى مع استبعاد الشحنة الكهربائية.

وهكذا، كانت الفكرة انه لو تصادف اقتراب بروتون من بروتون مضاد في شبه تلامس، فقد لا يؤدي ذلك إلى فناء متبادل، بل إلى إبطال شحنتيهما الكهربائيتين، مما يخلّف جسيمين محايدين، قد يكونا نقيضين بشكل ما. بكلمة أخرى: نيوترون ونيوترون مضاد.

ومرة أخرى، إذا تكوّن نيوترون ونيوترون مضاد، فلا بد للنيوترون المضاد من التصادم سريعاً مع نيوترون آخر، فيتم الفناء المتبادل، مع توليد جسيمات بطريقة ما مميزة.

سنة 1956، اكتُشف النيوترون المضاد فعلاً، وفي سنة 1958، تم التأكد من تفاعل فنائه، وبذلك أصبحت الجسيمات المضادة حقيقة واقعة، بيد أن اكتشاف النيوترون المضاد لم يؤدّ إلى جائزة نوبل.

ولكن، كيف يختلف النيوترون المضاد عن النيوترون؟ من جهة، ورغم كون النيوترون خلوّاً من أي شحنة كهربائية إجمالية، فإن له شيئاً مميزاً، هو «التدويم» spin (الدوران حول نفسه) الذي يوَلّد حقلاً مغنطيسياً. أما النيوترون المضاد، فهو ذو تدويم في اتجاه معاكس، وبالتالي ذو حقل مغنطيسي معاكس لحقل النيوترون.

سنة 1965، نجح الفيزيائيون في مصادمة بروتون مضاد ونيوترون مضاد. في المادة العادية، عندما يتصادم بروتون مع نيوترون، يُولفان معاً نواة ذرة الهيدروجين - 2 أو «الدوتيريوم». فالذي تَكُونُ عندها، كان نواة «الدوتيريوم المضاد».

ومن الواضح أن نواة الدوتيريوم المضاد، ذات الشحنة السالبة، يمكنها بسهولة أن تثبت بالكترون مضاد، ذي شحنة موجبة. وبهذه الطريقة تتكوّن «ذرة مضادة». ومن الممكن مبدئياً أن تتكوّن «ذرات مضادة» أكبر حجماً. وتكمن المشكلة في مصادمة جميع البروتونات المضادة مع النيوترونات المضادة، وفي نفس الوقت، منع حصول الفناء المتبادل نتيجة للتصادمات العشوائية مع المادة العادية.

كذلك يمكن أن نتصوّر تصادم الذرات المضادة فيما بينها لتكوين جزيئات مضادة، بل وحتى تجمعات أكبر منها. مثل هذه التجمعات الكبيرة، سوف يكون «المادة المضادة» رغم أن هذا التعبير يمكن تطبيقه حتى على الجسيمات المضادة - وهنا الجواب على السؤال الذي أشرت إليه في مطلع هذا المقال والذي أثارته طالبة الحديث.

كان المفترض، ولفترة طويلة، أن كمية المادة المضادة في الكون مساوية لكمية المادة، ما دامت الجسيمات لا تتكون إلا مترافقة مع الجسيمات المضادة.

ويتألف نظامنا الشمسي كلياً من مادة، وإلا لكان الفناء المتبادل يحدث تكراراً بحيث تُكتشف نتائجه. مثل هذا التفكير يقودنا في الواقع إلى التأكد من أن مجرتنا بكاملها مؤلفة من مادة فقط.

ولكن، الا يمكن أن تكون ثمة مجرات مؤلفة بشكل ما من مادة مضادة دون سواها؟ - «مجرات مضادة» مثلاً؟ ان افترض وجودها فكرة مغرية، ولكن النظريات الحديثة توحى بأن الجسيمات والجسيمات المضادة لم تتكوّن بكميات متساوية عند الانفجار العظيم. لقد تكوّن فائض قليل من الجسيمات، وهذا الفائض «الضئيل» كان مع ذلك كافياً لبناء كوننا الشاسع.

وهناك سؤال آخر - هل أن لجميع الجسيمات بدون استثناء، جسيمات مضادة؟ كلا. فبعض الجسيمات غير المشحونة (لا كلها) تشكل هي بحد ذاتها، جسيماتها المضادة، إذا صح التعبير. مثال ذلك، الفوتون الذي هو وحدة سائر

الإشعاعات الكهربائية المغنطيسية، من إشعاع غاما، إلى موجات الراديو، بما فيها الضوء المرئي. فالفوتون هو في آن معاً، جسيم وجسيم مضاد، ولا وجود لأي «فوتون مضاد» منفصل، حتى نظرياً.

لو كان هناك «فوتونات مضادة» لكانت «النجوم المضادة» و«المجرات المضادة» تبث فوتونات مضادة. وعندها نتعرف إلى الأجسام البعيدة كمجرات مضادة من خلال دراسة الضوء الذي يصلنا منها. ولكن واقع الحال، أن المجرات المضادة - لو وجدت - سوف تبث نفس الضوء، كما المجرات، فلا تكون الفوتونات دليلاً على وجود مجرات مضادة أو على مواقعها.

والغرافيتون (الذي يتوسط تفاعل الجاذبية) هو كذلك جسيمه المضاد. أي انه لا يمكننا التمييز بين المجرات والمجرات المضادة البعيدة، بواسطة أي فارق في السلوك الجاذبي.

والبيون، أو الميزون المحايد (عديم الشحنة) هو مثال آخر للجسيم الذي هو نفسه جسيمه المضاد.

- وسؤال أخير. هل للمادة المضادة أي استخدام عملي، إن لم يكن حالياً، فربما ذات يوم؟

فلنتناقش هذا الجانب من الموضوع في الفصل التالي.

أبحر! أبحر!

مع اقتراب المذنب «هالي» Comet Halley سنة 1985، طلبت إليّ عدة مجلات كتابة مقال عنه.

كتب المقال المطلوب لإحداها، فأعيد إليّ مع تعليق بأني جمعت فيه كل أنواع التفاصيل العلمية، وأهملت ما تريد أكثرية الناس معرفته: متى، وأين، يمكن مشاهدته بشكل أفضل؟

أجبت مشيراً إلى أن ذلك سوف يكون بلا جدوى، لأن المذنب يمر على مسافة بعيدة من الأرض، وبزاوية تجعله عالياً في سمت السماء من نصف الكرة الجنوبي. ولكي نتمكن من مشاهدته، لا بد من السفر إلى الجنوب، وهو ما لا يستطيعه سوى قلة من قراء المجلة. وحتى ولو سافر أحدهم إلى الجنوب، فلن يشاهد، في أحسن الحالات، سوى رقعة صغيرة معتمة من الضباب.

كما عبّرت عن شيء من مرارتي حيال الدعاية الصاخبة والمفرطة التي أحيط بها موضوع المذنب. وهذا من شأنه أنه يُخيّب آمال الكثيرين. قلت: «لا أريد زيادة الطين بلة».

إلا أن «بلاغتي» لم تعجب الناشر، فرفض المقال، ولم أنل أدنى مكافأة (لا تبك من أجلي يا قارئ العزيز، فقد بعث المقال، دون تغيير أي حرف،

لمجلة أخرى أفضل من الأولى، وبمبلغ يساوي بالضبط ضعف المبلغ الذي عُرض عليّ في السابق).

في كانون الثاني/يناير 1985، نشرت كتاباً عن طريق «دار ووكر وشركاه» Walker & Company، عنوانه: «دليل عظيموف عن المذنب هالي»، ولم أقدم فيه أي نصيحة مباشرة حول مشاهدته. وفي الواقع، لقد قلت بصراحة أن منظر المذنب لن يشكل مشهداً جميلاً. ولا تظن أن بعض مراجعي الكتاب لم يُخطئوني على إغفال المعلومات المفصلة عن مشاهدته.

والذي أحزنني في كل هذا لم يكن أن المذنب خيب آمال العديد من الناس، بل أن الكثير منهم قد لا يكون تحرر من الوهم بالنسبة إلى العلم. وأتساءل كم اعتقد منهم أن إعتام المذنب يعود إلى عجز علماء الفلك الذين أعدوا المشهد.

ولا يسعني إلا التمني لو أن علماء الفلك كانوا أكثر وضوحاً في شرح ما سيكون عليه مظهر المذنب، وأكثر استعداداً بقليل لشجب كل مبالغة إعلامية. إلا أنهم كانوا يركزون على تحليل الصواريخ المتوقع بمحاذاته، والذي تحقق بنجاح لا مثيل له (من الناحية العلمية).

غير أنني سعيد لأن كل شيء انتهى. لقد قمت بنصيبي من الحديث والكتابة عن المذنبات (من دون مبالغة) حتى في سلسلة هذه المقالات. ويسرني أن أنتقل إلى موضوعات أخرى. فهناك مثلاً موضوع السفر بين النجوم، وهو أمر مؤلف في الخيال العلمي، ولكنه غالباً ما يبقى من دون معالجة ما خلا ذلك.

ومن الباحثين الرواد في هذا المجال، الدكتور «روبرت ل. فوروارد» Robert L. Forward من «مختبرات هيوز للأبحاث» Hughes Research Laboratories، وهو إلى ذلك متحدث بارع. وكان عليّ أن أتحدث بعده، في ندوة أمام الجمعية الأميركية لتقدم العلوم، وحاولت جهدي للإجادة في الحديث، بحيث لا ينكشف ضعفي بالمقارنة.

فلأتناول إذن موضوع السفر في الفضاء، مستثيراً ببعض أفكار «بوب» التي سوف أبسطها بالطبع في سياق المقال.

حتى الآن، كانت كل مركبة أطلقت إلى الفضاء، سواء كانت مأهولة أو

غير مأهولة، وسواء كانت دون المدار أو في رحلة سبر بعيدة حتى الكوكب يورانوس، مدفوعة بمحرك يعمل على التفاعل الكيميائي.

بكلمة أخرى، لقد أطلقنا صواريخ تحمل وقوداً ومؤكسداً (قل هيدروجين وأكسجين سائلين). وعندما يأخذ هذان السائلان بالتفاعل كيميائياً، ينتجان طاقة تدفع الغازات الساخنة عبر العادم، باتجاه معيّن، في حين يتحرك باقي الصاروخ بالاتجاه المعاكس، وفقاً لقانون الفعل وردة الفعل.

ونحصل على طاقة التفاعلات الكيميائية، على أنقاض كتلة النظام. فالكتلة هي شكل عالي التركيز من أشكال الطاقة. فحتى أي مقدار كبير من الطاقة (في المقياس البشري) يكون على حساب فقدان مقدار تافه من الكتلة.

وهكذا، لنفرض أن علينا أحراق 1.6 مليون كلف (حوالي 1800 طن) من الهيدروجين السائل في 12.8 مليون كلف (حوالي 14400 طن) من الأكسجين السائل، لننتهي إلى 14.4 مليون كلف (حوالي 16200 طن) من بخار الماء. وكنتيجة لحساب سريع، يبدو لي انه لو وزناً بخار الماء «بدقة» لوجدنا إنه أقل بغرام واحد، من مجموع كتلتي الهيدروجين والأكسجين الأساسيين. فكل الطاقة الناتجة عن التفاعل الكيميائي لهذه الملايين من أطنان الهيدروجين والأكسجين، تساوي خسارة غرام واحد من الكتلة. وهذا يعني أن تفاعل الهيدروجين والأكسجين يطلق أقل من عشرة أجزاء المليار من كتلته، على شكل طاقة.

عندما نرى صاروخاً هائلاً ينطلق صعداً نحو السماء، يدوّي راعداً فيجعل الأرض تهتزّ تحت أقدامنا، فلتتذكر فقط عندها، أن كل هذه الضجة لا تمثل سوى نسبة ضئيلة جداً من الطاقة الموجودة، نظرياً، في تلك الكتلة من الوقود والمؤكسد.

قد نجد بعض المواد الكيميائية التي إذا اختلطت وتفاعلت، تفوق الهيدروجين والأكسجين في هذا المضمار، ولكن ليس بمقدار كبير. فجميع الوقود الكيميائية هزيلة (جديرة بالشفقة!) كمصادر للطاقة ويجب تجميعها بكتل ضخمة من أجل كمية الطاقة التي يمكن أن تنتجها. قد تكون الطاقة الكيميائية مناسبة تماماً للاحتياجات البشرية على سطح الأرض. حتى أن بالإمكان تجميع ما يكفي من الكتلة على المركبات الصاروخية لإمداد الطاقة من أجل رفعها إلى مدار وإلى استكشاف النظام الشمسي. أما بالنسبة إلى السفر في الفضاء «بين النجوم»، فلا أمل يُرجى من التفاعلات الكيميائية.

والفارق بين رحلة من هنا إلى الكوكب بلوتو، وبين رحلة إلى «أقرب» النجوم يعادل تقريباً الفارق بين نصف الكيلومتر وبين طول دائرة الكرة الأرضية. وبإمكاننا أن تُجذَف في قارب لمسافة نصف كلم، ولكن لا يُحتمل أن نفكر في التجذيف حول العالم.

والواقع أن الصاروخ الكيميائي لا يحتاج إلى «التجذيف» طوال رحلته. فقد يبلغ سرعة معينة، ثم يتطوَح (أي ينطلق بقوة الاندفاع الحر). ولكن لا بد من توفر ما يكفي من الوقود لبلوغ تلك السرعة، ثم لإبطائها عند الطرف الآخر، وللحفاظ - بين هذا وذاك - على حسن سير أجهزة ضمان البقاء، على مدى الفترة الزمنية الطويلة التي يستغرقها قبل هبوطه على أقرب النجوم. إنه مقدار هائل، هائل فعلاً. فكمية الوقود التي على مثل هذه المركبة أن تحملها، هي بكل بساطة، مانعة.

وما لم نجد مصدراً آخر، أغنى بالطاقة من التفاعلات الكيميائية، فلا أمل في السفر بين النجوم.

اكتشفت الطاقة النووية مع بداية القرن العشرين. ففي حين تقتصر الطاقة الكيميائية على إعادة ترتيب الإلكترونات في أبعاد الذرة الخارجية، تتناول الطاقة النووية إعادة ترتيب الجسيمات داخل النوى. وفي هذه الأخيرة تغيرات أكبر بكثير في الطاقة، مما نجده في الأولى.

لنفرض إذن، أنه بدلاً من إحراق الهيدروجين في الأكسجين، نستخلص الطاقة من اليورانيوم، في سياق تحليله (اضمحلاله) الإشعاعي. فكم نحتاج من اليورانيوم بداية، لتحويل غرام واحد من الكتلة إلى طاقة، خلال تحوله كلياً إلى رصاص؟

الجواب (أين حساباتي البدائية؟) هو أن 4 285 غراماً من اليورانيوم عند تحليلها تماماً، سوف تحوّل غراماً واحداً منها إلى طاقة. وهذا يعني أن 0.023% فقط من كتلة اليورانيوم، سوف يتحول إلى طاقة. ولكنه أكثر من ثلاثة ملايين مرة بقليل، من الطاقة التي توفرها لنا كتلة مساوية في تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين.

بيد أن هنالك عائقاً. فالتحلل الإشعاعي لليورانيوم، ومعه إنتاج الطاقة، يجري ببطء شديد. فلو بدأنا مع 4 285 غراماً من اليورانيوم، فإن نصف الطاقة

الناجمة عن تحلله سوف يكون بعد 46. 4 مليار سنة، في حين أن 95% من طاقة تحلله سوف يستغرق 18 مليار سنة!

فمن ذا الذي يمكنه الانتظار؟

هل يمكن تسريع التحلل؟ خلال الثلث الأول من هذا القرن، لم يكن هنالك من وسيلة عملية لتحقيق ذلك. فلكي نحدث إعادة تغيير نووي، علينا أن نقصف النواة بجسيمات دون الذرية. وهذه طريقة عقيمة، لأن الطاقة المطلوب توظيفها، تفوق بعدة مرات تلك التي يمكن استخلاصها من النوى المستهدفة في العملية.

كان هذا هو السبب الذي جعل «أرنست راذرفورد» Ernest Rutherford يشعر بأن لا أمل يُرجى من إمكان استخدام الطاقة النووية عملياً وعلى نطاق واسع. لقد وصف هذه الأفكار بأنها «ضوء القمر» (أي هراء) moonshine. ولم يكن الرجل ساذجاً، فهو مُدرج على قائمتي كواحد من أعظم علماء التاريخ العشرة. وكان أن تُوفي سنة 1937 قبل أن يتمكن من استباق عملية الانشطار. . فلو أمدّ الله بعمره سنتين أخريين وربيع السنة. .

في حين تتحلل ذرات اليورانيوم، طبيعياً، بأجزاء وشظايا صغيرة في إشعاعه العادي، ففي انشطار اليورانيوم، تنشط الذرة إلى قسمين متساويين تقريباً. وهذا يطلق المزيد من الطاقة عما يطلقه التحلل الإشعاعي الطبيعي.

إن حوالي 1 077 غراماً من اليورانيوم المنشطر، يُحوّل غراماً واحداً منها إلى طاقة مع انتهاء العملية. وهذا يعني أن 0.093% من كتلة اليورانيوم يتحول إلى طاقة بالانشطار. وهو يعادل أربعة أضعاف ما يمكن أن ينتجه مقدار مماثل من وزن اليورانيوم الذي يتحلل بالإشعاع الطبيعي.

بالإضافة، فإن التحلل الإشعاعي الطبيعي لا يمكن تسريعه بأي طريقة عملية. أما انشطار اليورانيوم فيسهل افتعاله بسرعة انفجارية صاعقة. وبالتالي، فإذا تمكنا بشكل ما من استخدام الانشطار النووي في دفع المركبات الفضائية، فسوف يكون لدينا مصدر طاقة أغنى من التفاعلات الكيميائية بحوالي 12 مليون مرة. وهذا سوف يزيد بالطبع من احتمال القدرة على القيام برحلات بين النجوم. ولكن هل يزيد الاحتمال بشكل مقبول؟

يشير «بوب فوروارد» أن باستخدام انشطار اليورانيوم لتوليد الدفع الخلفي في العادم، قد تتمكن المركبة الفضائية، خلال خمسين عاماً، من الوصول إلى

مسافة 200 مليار كلم (125 مليار ميل) عن الشمس .

وهذا ما يعادل 16 مرة بُعد پلوتو عن الشمس، وبالتالي يعتبر مسافة محترمة . ولكنه يبقى مقصراً، إذ لا يمثل سوى $1/200$ من بُعد «أقرب» نجم . ولا بد أن استغراق المركبة 10 000 سنة لبلوغ «كوكبة الظلمان» (ألفا قنطورس) Alpha Centauri لا يزال يستدعي الكثير من التحسين .

إلا أن الانشطار ليس الأقصى والنهائي . ولا يزال بالإمكان الحصول على المزيد من الطاقة بواسطة الاندماج النووي . فاندماج أربع نوى هيدروجين إلى نواة واحدة هليوم، عملية بالغة الغنى بالطاقة .

ينبغي 146 غراماً من الهيدروجين المندمج، لتحويل غرام واحد منه إلى طاقة عند نهاية الاندماج . وهذا يعني أن 0.685٪ من كتلة الهيدروجين المندمج، يتحول إلى طاقة، أي 7.36 أضعاف الطاقة الناتجة عن انشطار اليورانيوم .

بالطبع، لا نملك حتى الآن اندماجاً متحكماً به، ولكن لدينا اندماج غير متحكم به، على شكل قنابل هيدروجينية . وهكذا، فقد أمل بعض الناس بالسفر عبر الفضاء، عن طريق تفجير قنبلة هيدروجينية بعد أخرى، خلف المركبة الفضائية .

يندفع حطام انفجارات الاندماج خارجاً في كل اتجاه، ويصدم قسم منه «لوحة دفع» مربوطة إلى المركبة، ويجري امتصاص الصدمة بمصاصات صدمات shock absorber قوية، تنقل الزخم بنسبة معقولة إلى المركبة نفسها .

تخيّل «فريمان دايسون» Freeman Dyson سنة 1968 سفينة فضائية تزن 400 000 طن، وتحمل 300 000 قنبلة اندماجية، زنة الواحدة منها طن واحد . فإذا فُجّرت كل هذه القنابل خلف المركبة كل ثلاث ثواني، يمكن تسريع السفينة بمعدل تسريع الجاذبية (1 g) أي أن كل شخص على متنها سوف يشعر بجاذبية ظاهرية اعتيادية في اتجاه القنابل المنفجرة . وسوف ترتفع السفينة كمصعد يتسارع بانتظام، وهذا التسارع يشد القدمين إلى «الأرض» - أي إلى مؤخرة السفينة .

خلال عشرة أيام، تكون القنابل الـ 300 000 قد استُنفِدت، وبلغت السفينة سرعة 10 000 كلم (6 000 ميل) في الثانية . فإذا كانت السفينة موجهة في الاتجاه الصحيح، وتطوّحت بهذه السرعة، فسوف تبلغ كوكبة الظلمان بعد 130

سنة. وإذا أردنا الهبوط على أحد الأجرام الدائرة حول واحد من نجوم ذاك النظام، فلا بد لنا من حمل 300 000 قنبلة هيدروجينية أخرى، وتفجيرها في مقدمة السفينة - أو قلب اتجاه السفينة عكساً بواسطة محركات عادية ذات تفاعل كيميائي، ثم تفجير القنابل الهيدروجينية خلف السفينة من جديد، حيث تكون مؤخرتها في مواجهة كوكبة الظلمان.

إن بلوغ كوكبة الظلمان في غضون 130 سنة، أفضل بكثير من بلوغها في 10 000 سنة. ولكنه يعني مع ذلك أن المسافرين الأول سوف يقضون حياتهم على متن السفينة، وإن أحفادهم على الأرجح هم الذين سوف يهبطون في مكان ما من نظام كوكبة الظلمان الكوكبي. والأكثر من ذلك أنه لا يمكننا الاعتماد على تأثير النسبية التي تجعل الوقت يبدو أقصر مما هو بالنسبة إلى الطاقم. فحتى مع سرعة 10 000 كلم / ثانية (أي $1/30$ من سرعة الضوء)، تبقى تأثيرات النسبية نافهة لا تذكر، بحيث لا تنقص تلك المدة سوى ساعة واحدة أو ما يقاربها.

غير أن الأمور قد تكون أفضل، إن نحن تمكنا من التحكم بالاندماج، وأمكنا الحفاظ على مثل هذه التفاعلات في السفينة لمدة أطول، فنجعل منتجات تفاعل الاندماج تنبعث خارجاً إلى الخلف، بمعدل مستقر، يمكن ضبطه، بحيث يتدفق في نفث يُسارع اندفاع السفينة في الاتجاه المعاكس، كعادم الصاروخ تماماً. بهذه الطريقة، تكون كل طاقة الاندماج موجهة نحو التسارع، بدل الجزء اليسير من قوة القنابل المنفجرة الذي يصادف كونه مواجهاً للوحة الدفع، في حين يضيع معظم الطاقة متفرقاً هدرًا في فراغ الفضاء.

ثم إن تفاعل الاندماج الموجه، سوف يمد السفينة بالطاقة على الدوام، بدلاً من سلسلة صدمات متتابعة. ومع ذلك، فلا أعتقد أن الوقت المستغرق لبلوغ كوكبة الظلمان سوف يخفّض إلى ما دون القرن.

إلى ذلك، فحتى اندماج الهيدروجين، يحول أقل من 1٪ من الوقود إلى طاقة.

فهل من سبيل إلى تحسين ذلك؟

أجل، هنالك شيء كالمادة المضادة (لقد ناقشت هذا في الفصل السابق).

فالمادة المضادة سوف تتفاعل مع المادة، وسوف تفنى، في سياق

العملية، كل المادة المتفاعلة. وهكذا فإن نصف غرام من المادة المضادة، مع نصف غرام من المادة، يولّدان من الطاقة أكثر مما يُولّد اندماج غرام من

الهيدروجين بـ 146 مرة، أو 1 075 مرة أكثر مما يولده انشطار غرام من اليورانيوم، أو عدة مليارات من المرات أكثر مما يولده احتراق غرام من الهيدروجين في الأكسجين.

ان الشكل الأسهل توفراً من المادة المضادة، هو الإلكترون المضاد (أو البوزيترون). فإذا كان للإلكترونات المضادة أن تتفاعل مع الإلكترونات، فسوف تولّد طاقة صافية على شكل فوتونات إشعاع غاما. وهذه تنطلق في كل الاتجاهات ويصعب توجيهها جميعاً داخل عادم.

ثاني الأسهل، هو البروتون المضاد، أي نواة ذرة الهيدروجين المضادة، في حين أن البروتون هو نواة ذرة الهيدروجين. ويمكننا، تسهيلاً، التحدث عن هيدروجين مضاد وهيدروجين.

إذا سُمِحَ للهيدروجين المضاد وللهيدروجين بالتفاعل، فسيكون معظم نتاجهما خليطاً من جسيمات غير مستقرة: «بيونات» Pions و«بيونات مضادة» antipions وبما أن هذه، مشحونة كهربائياً، فمن السهل حصرها في عادم صاروخ سريع، لدفع السفينة إلى الأمام. تتحوّل «البيونات» Pions و«البيونات المضادة» antipions إلى «ميونات» muons و«ميونات مضادة» antimuons خلال لحظة وجيزة، وبعد فترة أطول نسبياً، تتحوّل الميونات والميونات المضادة إلى الكترونات والكترونات مضادة. وفي النهاية، تتحول كتلتا الهيدروجين والهيدروجين المضاد بالكامل إلى طاقة باستثناء مقدار ضئيل، يُفِلّت على شكل الكترونات وغير-الكترونات بقيت من دون تفاعل.

وبالإمكان إضافة كمية كبيرة من الهيدروجين العادي إلى الخليط المتفاعل. فيسخن هذا الهيدروجين إلى درجات هائلة، وينفلت من عادم الصاروخ، فيزيد من تسارع السفينة.

حسب «فورواد» أن 9 كلف من الهيدروجين المضاد، مع أربعة أطنان من الهيدروجين يمكنهما تسريع السفينة الفضائية إلى عُشر (1/10) سرعة الضوء، أي 30 000 كلم (18 700 ميل) في الثانية. وهذا يعني الوصول إلى كوكبة الظلمان خلال 40 سنة.

ولعلنا، إذا استخدمنا المزيد من المادة المضادة، قد نبلغ سرعة تعادل خمس (1/5) سرعة الضوء، أي 60 000 كلم (37 500 ميل) في الثانية. في هذه الحال، سوف تستغرق الرحلة إلى كوكبة الظلمان، ذهاباً وإياباً، 40 عاماً، أي

بإمكان الإنسان أن يسافر إليها وأن يعود خلال فترة حياته. ويمكن التصوّر، مع افتراض كون السفينة الفضائية فسيحة ومريحة بشكل مقبول، أن يرضى بعض الشبان بتكريس حياتهم لمثل هذه الرحلة.

- لكن هناك عقبات كبيرة.

أولها أن البروتونات المضادة في هذا القسم من الكون وربما في الكون ككل لا توجد إلا بكميات ضئيلة للغاية. ولا بد والحال هذه من تصنيعها.

يمكن هذا عن طريق قصف أهداف معدنية ببروتونات بالغة السرعة، حيث تتحول الطاقة المنطلقة إلى جسيمات، بعضها بروتونات مضادة. في هذا الوقت، يكون عدد البروتونات المضادة المتكونة، اثنين من أصل كل 100 مليون بروتون قُصِفَ بها الهدف. وبالطبع فإن محاولة جمع ما يكفي من البروتونات المضادة لمهمة فضائية على هذه الوتيرة، سوف تكون عملية طويلة جداً، ولكن يؤمل أن تتحسن فعالية إنتاج البروتونات المضادة.

بعد أن يتم إنتاج البروتونات المضادة، تبرز مسألة أخرى. فالبروتونات المضادة سوف تتفاعل فوراً مع أي بروتون تصادفه، فكل جزء من المادة العادية يحتوي على بروتونات. إن مهمة منع الهيدروجين والأكسجين من الانفجار غير المتحكم فيه قبل إتمام الاستعداد لحرقهما بشكل منظم، لا تُعدّ شيئاً بالمقارنة مع مهمة منع البروتونات المضادة من الانفجار المسبق بشكل بالغ العنف.

عند تكوّن البروتونات المضادة، يجب عزلها عن كل مادة والإبقاء عليها معزولة إلى أن يتم الإعداد لمفاعلها مع البروتونات. وهو ما ليس مستحيلاً، رغم صعوبته. يمكن تصور هيدروجين مضاد جامد، يُخْتَزَن في فراغ تتألف «جدران» من حقول كهربائية أو مغناطيسية. فإذا تحقق هذا في يوم من الأيام، فإن السفن الفضائية المدفوعة بالهيدروجين المضاد، قد تنطلق من الأرض، فتصل إلى المريخ في غضون أسابيع، وإلى نبتون في أشهر، وإلى أقرب نجم في عقود.

وفي كل ما وصفت حتى الآن، لا بد للسفن الفضائية من حمل الوقود. والوقود ذو التركيز الأقصى المعروف، هو البروتون المضاد. ولكن ماذا لو استغنيّا عن الوقود كلياً؟

قد لا نحتاج إلى أي من أنواع الوقود إذ كان الوقود موجوداً حولنا في الفضاء، وهو يتواجد بشكل ما. فالفضاء ليس فارغاً حقاً، ولا حتى في ما بين

المجرات، وبالتأكيد بين النجوم في المجرات. فهناك ذرات (أو نوى) مبعثرة من الهيدروجين في كل مكان.

ولنفرض أننا أطلقنا سفينة مع الحد الأدنى من الوقود العادي الكافي لبلوغ سرعة تُمكنها من اغتراف ما يكفيها من الهيدروجين الفضائي. يمكن عندها دمج هذا الهيدروجين، وطردها ناتج الاندماج عبر العادم نحو الخلف، كمُضاف إلى الوقود أولاً، ثم كبديل عنه.

عندها يمكن تسريع السفينة إلى ما لا نهاية، إذ لا خوف من نفاد الوقود. وكلما ازدادت السرعة، يزداد اغتراف الوقود في الوحدة الزمنية. وهذا ما يسمى «المحرك النفث التضاعطي الفضائي» *instellar ramjet*، وباستخدامه يمكن أخيراً بلوغ سرعات تقارب سرعة الضوء حسبما نشاء. ومع حساب التسارع والتباطؤ، يمكن تحقيق الرحلة إلى كوكبة الظلمان، ذهاباً وإياباً، خلال 15 عاماً. هذا ما قد تستغرقه الرحلة بالنسبة إلى المقيمين على الأرض. أما رواد الفضاء أنفسهم، فسوف يجدون، مع السرعات العالية جداً، بطشاً ظاهرياً في مرور الزمن. فالذي يبدو وكأنه 15 سنة للمقيمين على الأرض، قد لا يتجاوز 7 سنوات بالنسبة إلى رواد الفضاء.

و 7 سنوات من حياة الإنسان، فترة لا يستهان بها. فهي تمثل فقط ضعف المدة التي أمضاها الباقون على قيد الحياة من رحلة «ماجلان»، قبل حوالي خمسة قرون من الآن في إتمام أول رحلة حول الكرة الأرضية في التاريخ. أكثر من هذا: فلو استمر التطوُّح بسرعة قريبة جداً من سرعة الضوء، فإن القليل جداً من الزمن الإضافي سوف ينقضي بالنسبة إلى رواد الفضاء. فلو أرادوا السفر إلى الطرف الآخر من المجرة، أو إلى مجرة قريبة تبعد بحدود مئة مليون سنة ضوئية، فسوف يرون أن الوصول يستغرق بعض الشهور الإضافية في الحال الأولى، وحوالي سنتين في الحال الثانية.

بالطبع سوف يعودون ليروا أنه انقضى على الأرض مئة ألف أو مئة مليون سنة، وهذا ما قد يفسد متعتهم. ومع هذا فقد يبدو أن قضية السفر في الفضاء بواسطة المحرك النفث التضاعطي الفضائي سوف تلقى حلاً.

ولكن هناك عوائق. فلنكن نجتمع الهيدروجين الكافي من الفضاء، ومع الافتراض أنه يحوي 1 000 ذرة في كل سنتيمتر مكعب، نحتاج إلى مغرفة بعرض 100 كلم (61 ميلاً) أو أكثر، وهذا يفترض أن ذرات الهيدروجين مؤينة

وبالتالي تحمل شحنة كهربائية بحيث يسهل اغترافها بواسطة حقول كهربائية أو مغناطيسية ملائمة.

يبد أن الفضاء حول الشمس، مع الأسف، قليل الهيدروجين، إذ لا يحوي منه سوى 0.1 ذرة هيدروجين في كل سم⁽³⁾. ولهذا يجب أن يكون عرض المغرفة 10 000 كلم (6 100 ميل) ومساحتها خمسي (2/5) مساحة الكرة الأرضية. والأكثر من ذلك أن ذرات الهيدروجين في جوارنا ليست مؤينة وبالتالي يتعذر تجميعها بسهولة. (وقد لا يكون هذا خطأً سيئاً للغاية، فلو كان جوارنا كثيف المحتوى من الهيدروجين المؤين، فقد نكون على مقربة من شيء عنيف يجعل احتمال بقاء الحياة على الأرض أمراً مشكوكاً فيه).

إلى ذلك، فحتى لو تمكنا من اغتراف ما يكفي من الهيدروجين، ودفعه إلى محركات الاندماج، فقد لا يكون مفيداً من الناحية العملية، أن تتجاوز سرعة السفينة الفضائية خمس (1/5) سرعة الضوء.

ففي الواقع، كلما تزايدت السرعة، تزايدت صعوبة تفادي التصادمات مع الأجسام الصغيرة، وبالتالي تزايد الأذى الذي تسببه هذه التصادمات. فحتى ولو أسعفنا الحظ في تفادي سائر الأجسام الكبيرة، فمن المستبعد أن نتمكن من تفادي الغبار والذرات الفردية المنتشرة في الفضاء.

وبسرعة تعادل خمسي (2/5) سرعة الضوء، قد لا يسبب الغبار والذرات ضرراً كبيراً، حتى طوال رحلة تستغرق 40 عاماً. ولكن كلما ازدادت السرعة، تفاقم الضرر. إذ يستحيل الفضاء كاشطاً حافاً كالمبرد. . وعندما نقارب سرعة الضوء، تصبح كل ذرة هيدروجين جسيم إشعاع كوني «يقلي» الطاقم. . (إن ذرة أو نواة الهيدروجين التي تصدم السفينة بسرعة قريبة من سرعة الضوء، هي جسيم إشعاع كوني، ولا فرق في كون السفينة تصدم ذرة أو نواة هيدروجين بسرعة الضوء تقريباً). وكما يقول «سانشو بانزا» Sancho Panza: «سواء أصاب الحجر الرامي، أو أصاب الرامي الحجر، فليس الأمر في صالح الرامي». وهكذا فإن سرعة 60 000 كلم في الثانية، قد تبدو السرعة «العملية» للسفر في الفضاء.

وحتى النفثات التضاغطي الفضائي، يعتمد مبدأ الصاروخ. إلا أن «فوروارد» يتحدث عن «صواريخ غير صاروخية». فقد يمكن دفع السفينة بحُبيبات تنطلق من داخل النظام الشمسي، أو بواسطة أحزمة أشعة مايزر

Maser أو ليزر Laser .

هذه الأجهزة قد تغني كذلك السفينة الفضائية عن حمل وقودها الخاص، كما تسمح بسرعات تقارب سرعة الضوء. وهي تتميز عن النفثات التضاغطي، بأنها لا تتوقف على الفضاء المحيط بها، ذي الخصائص الفريدة التي يصعب توفرها.

بالطبع، سوف تكون الصعوبات التقنية هائلة. فمثلاً، يجب أن تصدم أشعة الليزر غشاءً رقيقاً جداً من الألومنيوم على شكل شراع بقطر 1 000 كلم بحيث لا يقل وزنه - مهما كان دقيقاً - عن 80 مليون كلف أو نحو ذلك. وعلى الرغم من هذا، فإن السرعات التي تزيد عن خمس (1/5) سرعة الضوء تبقى غير عملية.

أعتقد والحالة هذه، إن رحلة ذهاب وإياب خلال 40 عاماً، هي أفضل ما يمكننا القيام به، إذا أردنا استكشاف الفضاء بين النجوم في حدود حياة رائد فضائي. وحتى هذا، فلن يوصله إلى أبعد من أقرب نجم. وهو أمر لا يستهان به طبعاً، إذ سوف يسمح لنا بدراسة مفصلة لنجم آخر، شديد الشبه بشمسنا (الظلمان A) Alpha Centauri A، وآخر أصغر وأعمق منه بشكل واضح (الظلمان B) Alpha Centauri B وثالث، هو قزم أحمر صغير (الظلمان C) Alpha Centauri C - بصرف النظر عن أي جسم كوكبي يدور حول أي من الثلاثة.

وإذا قُبِضَ لنا إقامة حضارة مستقلة في نظام كوكبة الظلمان، فسوف يمكنها إطلاق سفن فضائية بعيداً عنا، لبلوغ نجم ضمن حدود حياة الرائد الفضائي، الأمر الذي لا نستطيعه من هنا.

بهذه الطريقة، يمكن لموجة استكشاف أن تقفز خارجاً في كل اتجاه على مراحل، بحيث تتمكن كل قاعدة جديدة من بلوغ نجم أو اثنين أو ثلاثة، يتسنى للقواعد الأخرى بلوغها. عندها، تنتشر الإنسانية عبر المجرة خلال عدة مئات من آلاف السنين.

ولا يتوقف الاتصال على السفر وحده. فكل عالم جديد، يمكنه الإبقاء على الاتصال مع العوالم الأخرى المجاورة عبر إشارات تنتقل بسرعة الضوء، وتصل الأخبار من عالم لآخر عبر محطات ترحيل relay، وتنتقل من طرف

المجرة إلى طرفها الآخر في غضون مئة ألف سنة أو نحوها. إلا أن هذا كله، لا يشكل نوع السفر في الفضاء، أو «الإمبراطورية المجرية» التي نصفها نحن كتاب الخيال العلمي باستمرار. كلا. فالذي نريده بكل بساطة، أن يكون هناك سفر بأسرع من الضوء، ولا شيء سوى ذلك. لقد كان هذا قوام شغفنا، منذ أن أدخله «أ. أ. سميث» E. E. Smith في «قُبْرَة الفضاء» The Skylark of Space عندما نُشِر سنة 1928. ومنذ ذلك الحين، اتبعه كل الناس، بمن فيهم أنا شخصياً (مع، أو بدون شرح مقبول).

ولسوء الحظ، وبما أنني لا أرى في الأفق ما يشير إلى أي احتمال عملي بمنحنا سرعة تفوق سرعة الضوء، فالذي أخشاه هو أن تبقى إمبراطوريتي المجرية لسلسلة «المؤسسة»، وإلى الأبد... خيلاً علمياً. ولكن، أحذركم، بأنني مصمم كل التصميم على اعتمادها، تماماً كما هي.

القسم الرابع

غير اعتيادي

نسبته الضلال

منذ بضعة أيام، تلقيت رسالة من أحد القراء. كانت مكتوبة باليد، وبخط رديء تتعذر قراءته. ومع ذلك، حاولت استقراءه في حال قد تبين أنه مهم. في الجملة الأولى، قال لي أنه يتخصص في اللغة الإنكليزية، ولكنه شعر بأن عليه تعليمي العلوم.. (تنهدت قليلاً، إذ لم أكن أعرف الكثيرين من متخصصي الأدب الإنكليزي، المؤهلين لتعليمي العلوم، غير أنني أعني تماماً مدى جهلي الواسع، واستعدادي لتعلم أقصى ما أستطيع من أي إنسان، مهما كان وضعياً في السلم الاجتماعي. وهكذا أكملت القراءة).

يبدو أنني في واحد من مقالاتي التي لا تحصى، هنا وفي غير مكان، عبّرت عن شيء من الاغتراب، لكوني أعيش في عصر عرفنا فيه أخيراً أساس تسلسل الكون.

لم أدخل في تفاصيل الموضوع، ولكن الذي عنيته هو أننا الآن نعرف القوانين الأساسية التي تحكم الكون، وكذلك علاقات الجاذبية المتبادلة بين مكوناته الإجمالية، وفقاً لما تبينه نظرية النسبية التي تم وضعها بين سنتي 1905 و1916. ونعرف أيضاً القوانين الأساسية التي تحكم الجسيمات دون الذرية وعلاقاتها إذ أنها محددة في نظرية الكم (النظرية الكمومية) التي وضعت بين

عامي 1900 و 1930. والأكثر من ذلك، لقد وجدنا أن المجرات وحشود المجرات، هي الوحدات الأساسية للكون المادي (الفيزيائي) وفقاً لما اكتُشف بين عامي 1920 و 1930.

وهذه كلها كما نرى، اكتشافات القرن العشرين.

بعد أن استشهد بما قتل، راح الشاب المتخصص في الأدب الإنكليزي، يحاضر عليّ بقسوة، أن الناس في «كل» عصر، اعتقدوا أنهم فهموا الكون أخيراً، وتبين في «كل» عصر، أنهم كانوا على خطأ. وبالتالي فإن الشيء الوحيد الذي يمكننا قوله حول «معرفتنا» العصرية، هو أنها «خاطئة».

ثم استشهد الشاب محبذاً بـ «سقراط» الذي قال عندما بلغه أن كاهن «دلفي»^(*) The Delphic Oracle أعلن أنه أحكم رجل في اليونان: «إذا كنت أحكم من في اليونان، فذاك لكوني أدرك إنني لا أعرف شيئاً»، كان فحوى ذلك انني سخيّف جداً إذ أشعر بأنني أعرف الكثير.

مع الأسف، لم يكن أي من هذا جديداً عليّ. (قليل ما هو جديد عليّ، وأتمنى أن يدرك هذا الذين يرأسلونني). فهذه المقولة بالذات، سبق أن وُجّهت إليّ قبل ربع قرن، من قبل «جون كامبل» John Campbell الذي تخصص في إثارتي. وقال لي كذلك أن جميع النظريات تثبت خاطئة في حينه.

كان جوابي له: «جون، عندما ظن الناس أن الأرض مسطحة، كانوا مخطئين. وعندما ظنوا أن الأرض كروية، كانوا مخطئين. ولكن إذا كنت ترى أن الاعتقاد بكون الأرض كروية هو «بنفس النسبة من الخطأ» كالاتقاد بكونها مسطحة، فعندها تكون نظرتك أكثر خطأً من الإثنتين معاً».

وكما ترون، فالمشكلة الأساسية هي في اعتقاد الناس أن «الخطأ» و«الصواب» مطلقان، وأن كل ما هو غير صحيح بالكامل يكون خطأً بالكامل. ولا أعتقد أن الأمر كذلك. بل يُخيّل إليّ أن الخطأ والصواب مفهومان مشوشان، وسأكترس هذا المقال كي أفسّر لماذا أعتقد ذلك.

فلأتخلص أول الأمر من «سقراط»، لأنني مللت ذلك الادعاء بأن إدراك الإنسان لكونه لا يعرف شيئاً هو من علائم الحكمة.

ما من أحد «لا يعرف شيئاً». ففي غضون أيام، يتعلم المواليد التعرف إلى أمهاتهم.

ولا شك في أن «سقراط» يوافق، ويشرح بأن معرفة التوفاه ليست تعنيه. وهو يعني أن في الغيبيات (التجريدات) الكبرى التي تتجادل حولها الكائنات البشرية، يجب أن لا ينطق الإنسان من مفاهيم مسبقة وغير متفحصه، زعماً بأنه، وحده، يعرف ذلك. (إدعاء متعجرف!).

ففي مناقشاته لمواضيع مثل: «ما هي العدالة؟» أو «ما هي الفضيلة؟»، اتخذ موقف من لا يعرف شيئاً، ويحتاج إلى أن يُعلّمه الآخرون. (وهذا ما يعرف بـ «سخرية سقراط» لأنه كان مدركاً تماماً بأنه يعرف الكثير، أكثر من أولئك المساكين الذين عناهم). فبإدعائه الجهل، كان «سقراط» يغري الآخرين بإبداء نظراتهم حول مثل تلك الغيبيات. ثم يعمد، عبر سلسلة من الأسئلة الجاهلة ظاهرياً، إلى استدراج الآخرين نحو خليط من التناقضات الذاتية، بحيث يفهمهم، فيسلمون بأنهم لا يعرفون ما يتحدثون عنه.

إنها علامة ذلك التسامح اليوناني الرائع لدى الأثينيين إذ أتاحوا لهذا أن يستمر طوال عقود، حتى أصبح «سقراط» في السبعين من عمره، حين انقلبوا وأجبروه على شرب السم.

والآن، من أين جاءنا المفهوم بأن «الصواب» والخطأ» هما مطلقان؟ يبدو لي أن هذا يعود إلى المراحل المبكرة، حين كان الصغار الذين لا يعرفون سوى القليل، يتعلمون من أساتذة يعرفون أكثر منهم بقليل. يتعلم الأولاد الصغار التهجئة والحساب مثلاً، وهنا نتعرّض بالمطلقات الظاهرية.

- كيف تتهجى كلمة «سكر»؟

- س - ك - ر.

هذا صواب. وكل ما عداه، خطأ.

- كم يساوي $2 + 2$ ؟

- الجواب: 4

هذا صواب، وكل ما عداه، خطأ.

إن وجود أجوبة دقيقة، مع «صواب» و«خطأ» مطلقين، يخلل حين الحاجة

إلى التفكير. وهذا ما يسرّ كلاً من التلاميذ والمعلمين. ولهذا السبب، يُفضّل التلامذة والمعلمون، امتحانات الأجوبة المقتضبة، على امتحانات المقالات المطوّلة، وامتحانات الخيارات المتعددة على امتحانات الأجوبة المقتضبة وامتحانات «صح خطأ» على امتحانات الخيارات المتعددة.

إلا أن اختبارات الأجوبة القصيرة - بحسب طريقتي في التفكير - غير مجدية في تقييم تفهّم التلميذ للموضوع. إنها مجرد اختبار لفعالية قابليته للحفظ.

ويمكن تبين ما أعنيه، حال التسليم بأن الصواب والخطأ هما نسيان.
- كيف تهجى كلمة «سكر».

لنفرض أن «أليس» Alice تهجتها: ب - ك - ز - ز - ف. وأن «جنيفاف» Genevieve تهجتها: س - ج - ر.

التهجستان خاطئتان. ولكن هل من شك في أن «أليس» أكثر خطأ من «جنيفاف»؟ ولهذا، أعتقد أن من الممكن القول بأن تهجئة «جنيفاف» أقرب إلى «الصواب».

أو لنفرض أن التهجئة كانت: س - ك - ر - و - ز، أو $C_{12}H_2O_{11}$. فبشكل دقيق صارم، تكون خاطئة في الحالين. ولكننا بذلك نعرض معرفة ما، تتخطى التهجئة التقليدية.

ولنفرض بعد ذلك أن السؤال كان:

على أي عدد من الأشكال يمكنك تهجئة كلمة «سكر»؟ برّر كلاً منها.
بالطبع، سوف يكون على التلميذ أن يفكر طويلاً، وفي النهاية يعرض ما يعرف، كثيراً كان أو قليلاً. وسيكون على المعلم أن يفكر طويلاً أيضاً، في محاولته تقييم مقدار ما يعرفه التلميذ. وهو ما لا يروق لكليهما..

ومرة أخرى:

- كم يساوي $2 + 2$ ؟

لنفرض أن «جوزف» Joseph قال: $2 + 2 =$ أرجوان..

في حين قال «ماكسول» Maxwell $17 = 2 + 2$

كلاهما مخطئ. ولكن أليس من الإنصاف أن يقال: «جوزف» أكثر خطأ

من «ماكسول»؟

ولنفرض أننا قلنا: $2 + 2 =$ عدداً صحيحاً. فسيكون الجواب صحيحاً،

أليس كذلك؟

أو لنفرض أننا قلنا: $2 + 2 =$ عدداً صحيحاً شفعاً (مزدوجاً) فسيكون هذا أكثر صوابية.

أو لنفرض أننا قلنا: $2 + 2 = 3.999$ ، أفلا يكون هذا قريباً من الصواب؟ وإذا كان المعلم يريد الجواب: 4، من دون تمييز بين مختلف الأخطاء، أفلا يضع هذا حداً غير ضروري، للفتهم؟

ولنفرض أن السؤال هو:

- كم يساوي $5 + 9$ ؟

وإن الجواب كان: 2. أفلا نكون موضع شجب وسخرية، ويُصار إلى إفهامنا أن $5 + 9 = 14$ ؟

إذا قيل لنا أن 9 ساعات قد مرت منذ منتصف الليل، وبالتالي أن الساعة هي التاسعة. ثم سُئِلنا كم تكون الساعة بعد مرور خمس ساعات، فأجبنا: الساعة 14، على أساس أن $5 + 9 = 14$ ، أفلا نكون موضع سخرية من جديد، ويصار إلى إفهامنا أن الساعة تكون 2؟ فيكون الظاهر، بالتالي أن $5 + 9 = 2$ ومرة أخرى، لنفرض أن «ريتشارد» Richard قال: $2 + 2 = 11$ وقبل أن يرسله المعلم إلى والدته مع ملاحظة، سارع فقال على الفور: على الأساس «3» بالطبع. فسيكون على صواب.

وهذا مثال آخر:

يسأل المعلم: من هو الرئيس الأربعون للولايات المتحدة؟

فتجيب «بربرا» Barbara: ليس هناك أي رئيس أربعين، أستاذ.

ويقول الأستاذ:

خطأ. «رونالد ريغان» Ronald Reagan هو الرئيس الأربعون للولايات المتحدة.

وتجيب «بربرا»: كلا. على الإطلاق. فلدي هنا قائمة برؤساء الولايات المتحدة حسب الدستور، منذ «جورج واشنطن» George Wahington إلى «رونالد ريغان» وهم 39، ولذلك لا وجود للرئيس الأربعين.

فيقول الأستاذ: أجل. ولكن «غروفر كليفلند» Grover Cleveland تولّى الرئاسة مرتين غير متتاليتين، الأولى من 1885 إلى 1889، والثانية من 1893 إلى 1897، فهو يُعدّ الرئيس الثاني والعشرين، وكذلك الرابع والعشرين. ولذلك،

فإن «رونالد ريغان» هو الشخص التاسع والثلاثون الذي تولى رئاسة الولايات المتحدة، وهو في الوقت ذاته، الرئيس الأربعون للولايات المتحدة.

أليس هذا مضحكاً؟ فلماذا يجب أن يُعدّ الشخص مرتين إذا لم تكن ولايتاه متعاقبتين، ومرة واحدة إذا كانتا متعاقبتين؟ إنه مجرد اصطلاح. ومع هذا تُعتبر «بربرا» مخطئة - ولكن مخطئة تماماً كما لو أنها قالت: إن الرئيس الأربعين للولايات المتحدة هو «فidel كاسترو» Fidel Castro.

وهكذا، فعندما يقول لي صديقي خبير الأدب الإنكليزي أن العلماء في كل عصر يعتقدون بأنهم أتموا معرفة الكون، يكونون «دائماً على خطأ»، فالذي أريد معرفته، هو: «إلى أي مدى» هم مخطئون؟ هل هم أبداً مخطئون بدرجة واحدة؟ دعنا نأخذ مثلاً:

في فجر الحضارة الإنسانية، كان الاعتقاد السائد، أن الأرض مسطحة. لم يكن هذا لأن الناس كانوا حمقى، أو يميلون إلى الاعتقاد بأمور سخيفة. لقد شعروا بأنها مسطحة بناء على أدلة بيّنة. «لم تكن» المسألة عبارة عن مجرد «هكذا تبدو»، لأن الأرض «لا» تبدو مسطحة، بل ذات تضاريس فوضوية: تلال، جبال، وهاد، وأودية، جُرُف ومنحدرات، إلى ما هنالك.

بالطبع، ثمة سهول تبدو فيها الأرض، ضمن مساحات معينة، مسطحة «حقاً». أحد تلك السهول هو سهل «دجلة» و«الفرات»، حيث نشأت أول حضارة إنسانية في التاريخ (حضارة تعتمد الكتابة) وهي السومرية.

لعل مظهر السهل هو الذي أقنع السومريين الأذكياء بتقبّل التعميم أن الأرض مسطحة، أي أننا لو أزلنا سائر التواءات والوهاد، لأصبحت الأرض مسطحة. وقد يكون أسهم في هذا المفهوم، كون السطوح المائية (البرك والبحيرات) تبدو مسطحة تماماً في الأيام الهادئة.

وهناك نظرة أخرى إلى الموضوع، هي التساؤل عن «انحناء» سطح الأرض، أي على مدى مسافة طويلة، كم ينحرف سطح الأرض (في المتوسط) عن كونه مسطحاً تماماً؟ أن نظرية الأرض المسطحة قد تجعل السطح يبدو وكأنه لا يحيد عن كونه مسطحاً تماماً، وإن انحناءه هو الصفر في الميل.

أما في أيامنا، بالطبع، فقد تعلمنا أن نظرية الأرض المسطحة «خطأ»، كلها خطأ، خطأ فادح، خطأ مطلق. ولكنها ليست كذلك. فانحناء الأرض هو

«تقريباً» صفر في الميل، بحيث أن نظرية الأرض المسطحة، مع كونها خاطئة، هي صحيحة «تقريباً». وهذا سبب بقائها فترة طويلة.

كانت هنالك بالطبع، أسباب تدفع إلى اعتبار نظرية الأرض المسطحة غير مُرضية، وقد لخصها نحو سنة 350 ق. م. الفيلسوف اليوناني «أرسطو». فاولاً، تختفي بعض النجوم وراء نصف الكرة الجنوبي إذا سافر أحدهم جنوباً.

وثانياً، كان ظل الأرض على القمر خلال خسوفه، دائماً على شكل قوس دائرة.

وثالثاً، هنا على الأرض نفسها، كان بدن السفن يختفي وهي تبتعد عند الأفق، قبل أشرعتها، أيأ كانت وجهة سيرها.

هذه المشاهدات الثلاث لا يمكن تفسيرها بشكل معقول، لو كان سطح الأرض مسطحاً. ولكن يمكن تفسيرها مع اعتبار أن الأرض كرة.

والأكثر من ذلك، أن «أرسطو» كان يعتقد بأن سائر الأجسام الصلبة تميل إلى التحرك نحو مركز مشترك. وإذا كان الأمر كذلك، فإن سائر الأجسام الصلبة سوف تنتهي إلى شكل كرة. فالحجم المعين من المادة، يكون في المتوسط أقرب إلى مركز مشترك إذا كان كرةً، منه إذا كان أي شكل آخر.

بعد انقضاء نحو قرن على عصر «أرسطو»، لاحظ الفيلسوف اليوناني «أراتوثينس» Eratosthenes إن الشمس تلقي ظلالاً مختلفة الطول عند خطوط العرض المختلفة. (كل الظلال تكون متساوية في الطول لو كانت الأرض مسطحة). ومن فارق الطول في الظل، قام بحساب حجم الكرة الأرضية، فتبين أن دائرتها هي 25 000 ميل (40 000 كلم).

ويبلغ معدل انحناء مثل هذه الكرة 0.000126 في الميل الواحد، أي ما هو قريب جداً من الصفر في الميل، وهو ما لا يسهل قياسه مع التقنيات التي كانت بتصرف الأقدمين. والفارق الضئيل جداً بين الصفر وبين 0.000126 كان السبب وراء الفترة الطويلة التي استغرقها التحول من الأرض المسطحة إلى الأرض الكروية. علماً بأنه، حتى الفارق الضئيل كالذي بين الصفر وبين 0.000126، قد يكون على قدر كبير من الأهمية. وهذا الفارق يتعاضد. فلا يمكن رسم خريطة الأرض على مساحة كبيرة بأي دقة على الإطلاق، إذا لم يؤخذ الفارق بالإعتبار، وإذا لم تُعتبر الأرض كرة بدلاً من المسطح، كما لا

يمكن القيام بأي رحلات بحرية طويلة وتحديد الموقع في المحيط على نحو معقول، ما لم تعتبر الأرض كروية، لا مسطحة.

بالإضافة، فالأرض المسطحة تفترض مسبقاً احتمال أرض لا متناهية، أو وجود «طرف» لهذا المسطح. أما الأرض الكروية فتفترض أرضاً محدودة ولكن لا طرف لها، وهذا المسلم الأخير هو الذي يتلاءم مع سائر الإكتشافات اللاحقة.

وهكذا، فمع أن الخطأ في نظرية الأرض المسطحة ضئيل، وهي مفخرة لمخترعيها، فهي بعد كل شيء خاطئة بما يكفي لنبذها وإلغائها، لصالح نظرية الأرض الكروية.

ولكن مع هذا، فهل الأرض كروية حقاً؟ كلا. إنها «ليست» كرة، بالمعنى الرياضي الصارم. فللكرة بعض الخصائص الرياضية - مثلاً، أن جميع أقطارها (أي الخطوط المستقيمة التي تمر من نقطة على سطحها إلى نقطة أخرى عبر المركز) هي متساوية في الطول. وهذا ليس صحيحاً بالنسبة إلى الأرض. فأقطار الأرض مختلفة في أطوالها.

وما الذي أوحى للناس بأن الأرض لم تكن كرة صحيحة؟ أولاً: كان لكل من الشمس والقمر محيط دائري كامل، ضمن حدود القياس في بداية عهد المقراب. وهذا يتلاءم مع الافتراض بأن شكل الشمس والقمر هو شكل الكرة الصحيحة.

ولكن عندما شوهد المشتري وزُحل من قبل أول الراصدين بالمقراب، بدا سريعاً في الظاهر أن محيطي هذين الكوكبين، لم يكونا دائريين، بل قطعين ناقصين واضحين. وهذا يعني أن المشتري وزُحل ليسا كرتين صحيحتين.

وبين «إسحاق نيوتن» Isaac Newton، أواخر القرن السابع عشر، أن الأجسام ذات الكتلة الكبيرة قد تكون كرات تحت وطأة الجاذبية (تماماً كما أشار «أرسطو»)، شرط أن لا تكون دوامة (دوّارة). فإذا كانت تدور حول محورها، يتكوّن تأثير مركزي طارد، يرفع مادة الجسم ضد الجاذبية، ويتزايد هذا التأثير كلما اقتربنا من خط الإستواء، وكذلك ازدادت سرعة دوران الجسم الكروي. والمشتري وزحل كانا يدوران بسرعة فعلاً.

أما الأرض، فتدور ببطء أكثر بكثير من المشتري وزحل، وبالتالي يتضاءل التأثير ولو أنه موجود. وقد أجريت قياسات لانحناء سطح الأرض في القرن الثامن عشر، فتبين أن «نيوتن» كان على صواب.

بكلمة أخرى: للأرض انتفاخ استوائي. فهي منسطة عند القطبين، وهي «كروانية مفلطحة» أكثر منها كرة. وهذا يعني أن أقطار الأرض تختلف في أطوالها. وأطولها، تلك التي تمتد من نقطة على خط الإستواء إلى نقطة مقابلة على خط الإستواء. ويبلغ هذا «القطر الاستوائي» 12 755 كلم (7 927 ميلاً)، والقطر الأقصر هو الذي يمتد من القطب الشمالي إلى الجنوبي، ويبلغ 12 711 كلم (7 900 ميل) والفارق بين القطر الأطول والقطر الأصغر هو 44 كلم (27 ميلاً) وهذا يعني أن «فلطحة» الأرض (أي ما يفرقها عن الكروية الصحيحة) هي 44/12 755 أو 0.0034، أي 1/3 %.

وبطريقة أخرى، فعلى المستوى المسطح، يكون الانحناء صفرًا في الميل أينما كان. وعلى سطح الأرض الكروية الانحناء 0.000126 في الميل أينما كان (8 إنشات/ في الميل) وعلى سطح الأرض الكروانية، يتراوح الانحناء بين 7.973 إنش/ميل و 8.027 إنش/ميل.

والتصحيح بين الكروية والكروانية المفلطحة أصغر بكثير منه بين المسطح والكروي. ومع أن مفهوم الأرض الكروية خاطيء بالمعنى الصارم الدقيق للكلمة، فهو ليس خاطئاً «بمقدار» مفهوم الأرض المسطحة.

وحتى مفهوم الأرض الكروانية المفلطحة، فهو خاطيء بالمعنى الدقيق. ففي سنة 1958، عندما وُضع القمر الاصطناعي «فانغارد - 1» Vanguard - 1 في مدار حول الأرض، أمكنه قياس جاذبية الأرض المحلية - وبالتالي شكلها - بدقة لا سابقة لها. وتبين أن الانتفاخ الاستوائي جنوب خط الاستواء كان أكبر منه شماله، وأن مستوى سطح البحر عند القطب الجنوبي أقرب بقليل إلى مركز الأرض من مستوى سطح البحر عند القطب الشمالي.

ولم يكن من سبيل إلى وصف الأرض إلا بالقول إنها على شكل إجاصة. وفي الحال، قرر الناس أن الأرض ليست كرة بأي شكل، بل على شكل إجاصة من نوع «بارتليت» Bartlett متدلّية في الفضاء. وفي الحقيقة، لم يكن الفارق بين الشكل الإجاصي وبين الكروانية المفلطحة الصحيحة سوى قضية ياردات

(أو أمتار) بدلاً من أميال، وتصحيح الانحناء لا يتجاوز أجزاءً من الإنش في الميل.

باختصار، فإن صاحبي المختص في الأدب الإنكليزي، الذي يعيش في ذهنية عالم فكري من الخطأ المطلق والصواب المطلق، قد يتخيل - بما أن جميع النظريات «خاطئة» - أنه يمكن اعتبار الأرض كروية حالياً، ومكعبة في القرن المقبل، ومجسماً فارغاً ذا عشرين وجهاً في القرن الذي يليه، وعلى شكل كعكة في القرن الذي بعده..

والذي يحصل في الواقع، هو أنه عندما يتوصل العلماء إلى مفهوم ما جيد، يقومون بتحسينه تدريجياً وتوسيعه أكثر فأكثر بمزيد من الدقة مع تحسن أجهزة القياسات لديهم. فالنظريات ليست خاطئة بقدر ما هي غير كاملة.

وهذا ما يمكن التدليل عليه في العديد من الحالات الأخرى غير التي تتناول شكل الأرض. فحتى عندما يبدو أن إحدى النظريات تُشكل ثورة، فإنها عادة ما تبرز من خلال تحسينات طفيفة. أما إذا احتاج الأمر إلى أكثر من تحسينات صغيرة، فإن النظرية القديمة لا تثبت.

انتقل «كوبرنيكوس» Copernicus من نظام كوكبي مركزه الأرض، إلى نظام مركزه الشمس. وبعمله هذا، فقد انتقل من شيء كان واضحاً بيناً، إلى شيء مضحك في ظاهره. ولكن المسألة في إيجاد طرق أفضل لحساب حركة الكواكب في السماء. وفي النهاية، ألغيت نظرية النظام الذي مركزه الأرض. كان سر بقاء تلك النظرية القديمة مدة طويلة، إنما كونها أعطت نتائج جيدة نسبياً، بحسب المعايير القياسية آنذاك.

ومرة أخرى، لأن تكوين الأرض الجيولوجي يتغير ببطء «شديد»، ولأن الاحياء على سطحها تتطور ببطء «شديد»، يبدو معقولاً للوهلة الأولى، الافتراض بأن «لا وجود» للتغير، وأن الأرض والحياة كانتا منذ الأزل وعلى الدوام كما هما اليوم. وإذا كان الأمر كذلك، فلن يبقى هناك أي فارق بين كون عمر الأرض والحياة مليارات السنين، وبين كونه آلاف السنين. فالآلاف أسهل تداولاً.

ولكن بعد أن بينت المشاهدات التي جرت بدقة وعناية، أن الأرض والحياة يتغيران بمعدل ضئيل جداً ولكنه «ليس» صفراً، أصبح من الواضح أن الأرض والحياة قديمان للغاية. وكانت الجيولوجيا العصرية، ومثلها مفهوم التطور الاحيائي (البيولوجي).

ولو كان معدل التغيّر أسرع مما هو، لكانت الجيولوجيا والتطوّر، قد بلغا وضعهما العصري منذ القدم. ولأن فارق التغيّر بين كون سكوني مستقر، وبين كون تطوّر، لا يعدو كونه بين الصفر وبين ما هو أشبه بالصفر، يتسنى لجماعة «الخلق» creationists الاستمرار في نشر أقاويلهم.

مرة أخرى، ماذا عن النظريتين الكبيرتين للقرن العشرين: النسبية، وميكانيكا الكم؟

كانت نظريات «نيوتن» حول الحركة والجاذبية قريبة جداً من الصواب. وقد تكون الصواب المطلق لو أن سرعة الضوء كانت لا متناهية. إلا أن سرعة الضوء محدودة، وهذا ما يتوجّب أخذه بالاعتبار في معادلات «اينشتاين» Einstein النسبية التي كانت امتداداً وتحسيناً لمعادلات «نيوتن».

قد يقال إن الفارق بين المحدود واللامتناهي هو أيضاً، لا متناهي. فلماذا بالتالي، لم تسقط معادلات «نيوتن» في الحال؟ وبكلمة أخرى، فلنسأل عن الفترة الزمنية التي يستغرقها الضوء في اجتياز مسافة متر واحد.

إذا كان الضوء ينتقل بسرعة لا متناهية، فسوف يستغرق صفراً من الزمن في قطع متر واحد. ولكنه، بسرعة الضوء الراهنة، سوف يستغرق (0.0000000033 ثانية) وإنه لهذا الفارق بين الصفر وبين 0.0000000033، هو الذي قام «اينشتاين» بتصحيحه.

ومن حيث المفهوم، لا يقل التصحيح في أهميته، عن تصحيح انحناء الأرض من الصفر إلى 8 إنش. فالجسيمات دون الذرية السريعة، لن يكون سلوكها كما هو من دون التصحيح، كما أن سرعات الجسيمات لن تعمل كما تعمل، ولن تنفجر القنابل النووية، ولن تشعّ النجوم. ومع ذلك، فقد كان التصحيح ضئيلاً، ولا عجب أن «نيوتن» في عصره لم يتمكن من استيعابه، إذ كان مقيداً في مشاهداته، بسرعات ومسافات لا يُمثل التصحيح فيها شيئاً يُذكر.

ومرة أخرى، كان تقصير نظرية الفيزياء قبل عهد النظرية الكمومية، لأنها لم تدع مجالاً لوضع الكون المحبّب (ذي الحبيبات) إذ كان الاعتقاد أن سائر أشكال الطاقة متواصلة ويمكن تقسيمها بلا نهاية إلى مقادير أصغر فأصغر.

وتبيّن أن هذا الأمر ليس صحيحاً. فالطاقة تأتي في «كمّات» quanta يتوقف حجمها على ما يعرف بثابتة «بلانك» Plank's constant. فلو كانت ثابتة

«بلانك» تساوي صفراً من الإرغ^(*) في الثانية، لكانت الطاقة متواصلة، ولن يكون هناك أي حبيبات يتألف منها الكون. إلا أن ثابتة «بلانك» تساوي: 0.00000000000000000000000066 إرغ/ ثانية. وهذا حقاً فارق يكاد يلامس الصفر، وهو من الصغر بحيث لا تأبه له مسائل الطاقة في الحياة اليومية. ولكن عندما نتعامل مع جسيمات دون ذرية، يكون التجبب كبيراً بالمقارنة بحيث لا نستطيع التعامل معه من دون أن نأخذ الكم بالاعتبار.

وبما أن التحسينات تسير نظرياً نحو الأصغر فالأصغر، فحتى النظريات القديمة جداً لا بد وأنها كانت صحيحة إلى حد يسمح بتحقيق التقدم، وهو تقدّم لم تُلغِ التحسينات اللاحقة.

أدخل اليونان مفهوم خطوط العرض والطول، ورسموا خرائط معقولة لحوض البحر المتوسط، حتى مع عدم اعتبار الكروية، وما زلنا للآن، نعتمد خطوط العرض والطول.

ولعل السومريين كانوا على الأرجح أول من وضع مبدأ كون حركات الكواكب في السماء تبدو منتظمة ويمكن التنبؤ بها، وشرعوا في ابتكار وسائل لذلك، حتى بالرغم من افتراضهم أن الأرض هي مركز الكون. وقد تم تحسين قياساتهم بشكل كبير، إلا أن المبدأ يبقى هو هو.

أما نظرية «نيوتن» للجاذبية، فرغم كونها ناقصة بالنسبة إلى المسافات الشاسعة والسرعات العالية، تبقى ملائمة تماماً للنظام الشمسي. ويظهر المذنب هالي وفقاً لتنبؤ نظرية «نيوتن» بالضبط، عن الجاذبية، ولقوانينه عن الحركة. كما يركز نظام الصواريخ كلياً على [قوانين] «نيوتن». وقد وصل «فوياجر-2» Voyager II إلى يورانوس، بفارق ثانية واحدة عن الوقت المحدد مسبقاً. ولم تُبطل النسبية أياً من هذه الأمور.

في القرن التاسع عشر، وقبل أن يحلم العالم بنظرية الكم، وُضعت قوانين الدينامية الحرارية، بما فيها مبدأ الحفاظ على الطاقة بوصفه قانوناً أول، والزيادة الحتمية في الانتروبيا^(**) entropy بوصفها القانون الثاني. كما وضعت قوانين أخرى في الحفاظ على الطاقة مثل قوانين الزخم (كمية الحركة) أو القوة

(*) وحدة العمل والطاقة - المترجم.

(**) عامل رياضي يعتبر مقياساً للطاقة غير المستفادة في النظام الدينامي الحراري - المترجم.

الدافعة والزخم الزاوي والشحنة الكهربائية. وكذلك كانت قوانين «ماكسول» Maxwell للكهرباء المغنطيسية. لقد بقيت جميعها راسخة، حتى بعد مجيء نظرية الكم.

بالطبع، يمكن اعتبار النظريات الحالية خاطئة، بالمعنى التبسيطي لمراسلي، رجل الأدب الإنكليزي. ولكن بمعنى أدق وأصدق، يجب اعتبارها غير كاملة فقط.

فمثلاً، لقد أدخلت نظرية الكم ما يُسمى «القدريّة الكمّية» (أو الكمومية) quantum Weirdness، وهي تطرح بجديّة ماهية الواقع بالذات، وتثير ألغازاً فلسفية لا يبدو أن في مقدور الفيزيائيين الاتفاق بشأنها. وقد يكون أننا وصلنا إلى مرحلة لم يعد معها الدماغ البشري قادراً على استيعاب الأمور، أو أن نظرية الكم غير كاملة، وأنه عندما يتم توسيعها بالشكل الملائم، سوف تختفي «القدريّة» كلياً.

مرة أخرى، يبدو أن كلاً من نظرية الكم ونظرية النسبية، مستقل عن الآخر. ففي حين توحى نظرية الكم بإمكان توحيد ثلاثة من التفاعلات الأربعة المعروفة، في نظام رياضي واحد، نرى أن الجاذبية - وهي مملكة النسبية - تبدو شاذة متصلبة.

فإذا أمكن الجمع بين نظرية الكم ونظرية النسبية، فقد يصبح من الممكن التوصل إلى «نظرية المجال الموحد» الحقّة.

ولكن إذا تحقق كل هذا، فسوف يبقى مزيد من التحسين يتناول أطراف ما هو معروف - طبيعة الانفجار العظيم، وخلق الكون، والخصائص في مركز الثقوب السوداء، وبعض النقاط الدقيقة حول تطوّر المجرات والمستعرات العظمى، وغيرها.

بيد أن كل ما نعرفه اليوم بشكل عملي، سوف يبقى كما هو. وحين أقول إنني سعيد لكوني أعيش في عصر أصبح فيه الكون مفهوماً على نحو جوهري، أعتقد أن لهذا ما يبرره.